

ŘADA B - PRO KONSTRUKTÉRY

**ČASOPIS PRO ELEKTRONIKU
ROČNÍK XLIV/1995 • • Číslo 4**

V TOMTO SEŠITĚ

SPAUN-electronic se představuje ... 121
**VKV, UKV A CM VLNY V NOMO-
GRAMECH A GRAFECH**

Radiová a optická viditelnost	
na dohled.....	123
Útlum na trase.....	124
Určení volné první Fresnelovy	
zóny.....	125
Útlum na trase radiového spojení.....	126
Charakteristická impedance souosého	
vedení s pevným dielektrikem	127
Char. impedance dvoudráťového a	
souosého vedení se vzduch. diel.	128
Char. impedance vedení.....	129
Elektrická délka vedení.....	130
Vstupní reaktance vedení	131
Čtvrtvlnný transformátor.....	132
Širokopásmový komp. balun.....	133
Ztráty na vedení	134
ČSV u vedení s vlastními ztrátami	135
Vybrané parametry souosých	
kabelů.....	136
Převodní křivky ČSV, ρ , dB.....	137
Vlnová délka ve vlnovodu.....	138 až 140
Zisk antény a šířka diagramu	141
Dipól před odraznou stěnou	142
Úhlový reflektor s dipolem $\lambda/2$	143
Skládaný dipól s nestejně	
tlustými vodiči.....	144
Anténa Yagi-Uda.....	145
Logaritmicko-periodická anténa	146
Inzerce.....	158

AMATÉRSKÉ RÁDIO - ŘADA B

Vydavatel : Vydavatelství MAGNET-PRESS, s. p., Vladislavova 26, 113 66 Praha 1, tel. 24 22 73 84-9, fax 24 22 3173.

Redaktec: Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 24227384.

Séf redaktora Luboš Kalousek, OKIFAC, I, 354.

Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 20,-Kč, pololetní předplatné 60,-Kč, celoroční předplatné 120,-Kč.

Tiskne: Graffprint Praha.

Rozšířuje: MAGNET-PRESS (poskytuje slevu na předplatném) a PNS, informace o předplatném poda a objednávky přijímá PNS, pošta, doručovatel a předplatitele sítě disků administratice Vydavatelství MAGNET-PRESS.

Velkoobchodáci a prodejci si mohou objednat AR za výhodných podmínek v oddělení velkoobchodu MAGNET-PRESS, tel/fax (02) 26 12 26.

Podávání novinových zásilek povolené jak Ředitelstvím pošt, přepravy Praha (č. j. nov. 5030/1994 ze dne 10. 11. 1994), tak RPP Bratislava - pošta Bratislava 12 (č. j. 82/93 dň. 23. 8. 1993). Objednávky do zahraničí přijímá MAGNET-PRESS, OZO. 312, Vladislavova 26, 113 66 Praha 1 formou bankovního šeku.

Ve Slovenské republice předplatní zajíždaje a objednávky přijímá přímo nebo prostřednictvím dalších distributérů MAGNET-PRESS Slovakia s.r.o., P. O. BOX 814 89 Bratislava, tel./fax (07) 36 13 90, cena za jeden výtisk v SR je 27,-SK (22,-SK při předplatném v MAGNET-PRESS Slovakia).

Inzerci přijímá inzerční oddělení MAGNET-PRESS, Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel/fax (02) 24 22 31 73, tel. (02) 24 22 73 84.

Znění a úpravu odborné Inzerce lze dohodnout s kteřímkoli redaktorem AR.

Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor.

Nevyžádané rukopisy nevracíme.

ISSN 0139-7087, číslo indexu 46 044.

Toto číslo vyšlo 19. 7. 1995.

© MAGNET-PRESS s. p. Praha

se představuje

stoupil velký partner OEM, vznikla značka SPAUN.

"Tehdy jsme si to nezjednodušovali", prohlašuje Karl Schmedt, vedoucí odbytu fy SPAUN electronic GmbH, "předvedli jsme 1991 množství nově vyvinutých výrobků a uvedli jsme výrobky pro kmitočtové pásmo až do 2 GHz. Naše zboží je „made in Germany“ a má vlastnosti, které jinak nikdo nenabízí". Pro p. Schmedta je paleta výrobků SPAUN nepředstížitelná a má velmi výhodný poměr cen a výkonu jak pro obchod, tak pro montážní organizace.

Výrobky firmy SPAUN electronic

Nabídku SPAUN electronic GmbH lze rozdělit do čtyř skupin. První zahrnuje vícepásmové a širokopásmové zesilovače, jakož i domovní a linkové zesilovače, zjména pro společné TV antény a TKR, druhá domovní zesilovače od 47 do 606 MHz s použitím pro domy s kabelovými rozvody. Nejzajímavější výrobky patří do třetí skupiny, jsou to systémové stavební díly pro satelitní příjem - pásmové výhybky, mezifrekvenční zesilovače, multiprepínače, antenní relé, přepínaci generátory, pásmové propustě. Nahlédnutí do katalogu ukazuje pozoruhodnou skutečnost, že některé stavební díly umožňují používat mezifrekvence až do 2300 MHz nebo i vyšší. Čtvrtá skupina výrobků obsahuje různá příslušenství, jako např. odbočovače, rozbočovače nebo regulátory úrovně s propustí pro stejnosměrné napětí.



Friedrich Spaun,
zakladatel a majitel firmy

Od listopadu 1993 dodává firma SPAUN electronic GmbH též koncové anténní zásuvky, které je možno použít v hvězdicových rozvodech se SAT MF. Jak Friedrich Spaun při obchůzce závodem vysvětlil, jsou obchody v oblasti satelitní techniky nejlépší: „Našeho čtyřnásobného multipřepínače vyrábíme měsíčně 5000 až 10 000 kusů“. Díky dokonalým výrobkům Spaun v rozbočovací technice přechází firma od zaměření na vícenásobný příjem k družicovému příjmu, čímž se stala nezávislou na spolkové poště v SRN. Zmenšování ročních zisků jako důsledek stále se zmenšujícího počtu kabelových rozvodů se v případě této firmy nemůže vyskytovat.

Zařízení high-tech (vysoké technické úrovňě) lze vyrábět pouze s náradím high-tech a i v této oblasti vyniká SPAUN electronic GmbH: stroje pro SMT, moderní pájecí zařízení a linky, počítačem řízený automat na zhodnotování a měření člověk, zkušební pole o deseti místech atd. jsou samozřejmou součástí strojního a měřicího parku, navíc vývojové oddělení firmy disponuje uznávaným měřicím pracovištěm pro zkoušky, předepsané německým spolkovým úřadem pro homologace v oblasti telekomunikací. A SPAUN je navíc firma „krátkých cest“, inteligentní architektury a pohotového managementu. „V době, která jinde uplyne mezi vývojovým návrhem a zakázkou“, míní šéf odbytu Karl Schmedt, je u nás výrobek již hotov. Jsme zkrátka vždy o délku nosu napřed“.

Typicky Spaun

Vedoucí vývoje v Singen se jmenuje Stephan Fischer a je vysokofrekvenční expert, o nichž se piše v superlativech. Spoju se svým asistentem Andrearem Pyczakem se Fischer stará o realizaci budoucích projektů firmy a hlavním předmětem jejich současného zájmu jsou přístroje pro příjem signálů družic ASTRA 1D, ASTRA 1E a výhledy i možnosti digitální televize. Přitom všem se věnují doposud největší inovaci SPAUN electronic GmbH, kaskadovatelnému multiswitch-systému (s mnohonásobným přepínáním).

Start digitální TV a rozmanitost nových programů - o tom je Stephan Fischer přesvědčen - představují konec klasického řešení příjmu televizních signálů na jednotlivých kanálech. Pro společné antény je pak možné využívat vynález firmy Spaun, tj. přijímací zařízení s jedním základním přístrojem, v němž jsou integrovány úrovně zesičovačů, a který má čtyř nebo šestinásobný multipřepínače a případné širokopásmové zesičovače.

Ve výrobě mezifrekvenčních zesičovačů pro družicový příjem - to se v Singenu nezaměřuje - by firma SPAUN chtěla získat vedoucí místo na trhu. A po dosavadních zkušenostech nepochybujeme o tom, že to tato firma dokáže. Z celé dosavadní činnosti firmy je vyplývá jednoznačný dojem: Zde je podnik, ve kterém správní lidé v pravý čas ční správná rozhodnutí. Přičemž rozhodování má všechny znaky toho, že jsou si všichni vědomi, že je třeba omezit se na vybrané, ale o to lépe zvlád-

nuté druhy výrobků. Filozofie, kterou by si měly vzít k srdci možná i některé velké firmy.

Výrobky ze Singenu

Firma SPAUN byla založena dne 1. října 1969. Bohatství nápadů a iniciativa, spojené s podnikavostí a odvahou pro riziko, byly jediným počátečním kapitálem zakladatele firmy Friedericha Spauna.

Od doby založení prožívá firma ustavičný rychlý vývoj. Friedrich Spaun vybudoval z bývalého podniku o jedné osobě homogenní závod s nejmodernějšími výrobními prostorami a zařízeními.

Zesilovače a stavební díly Spaun pro anténní zařízení jsou používány již po mnoha letech s velkým úspěchem a osvědčily se milionykrát, neboť jako dodavatel renowovaných výrobců, prodejců a montážních firem anténního průmyslu v Německu, Rakousku a Švýcarsku měří SPAUN electronic možnost perfektně si ověřit činnost svých výrobků v nejrůznějších prostředích a cestách.

Počínaje koncem r. 1991 nabízí SPAUN electronic výrobky pod vlastní značkou.

Start byl zahájen sortimentem o asi 30 výrobcích. Během tří let narostla nabídka takřka čtyřnásobně. Tento důkaz výkonnosti je v tomto oboru jedinečný, neboť SPAUN nabízí z 99 procent stavební díly, vzniklé z vlastního vývoje a výroby.

V oblasti družicové mezifrekvenční techniky byl SPAUN spojenci s iniciátorem zvýšení mezifrekvenčního kmitočtu z 1750 na 2050 MHz a postaral se tím během Mezinárodní výstavy rozhlídky 1991 v Berlíně o nelibost etablovaných firm anténního průmyslu.

Náškok díky inovacím

Je jasné, že SPAUN byl také první, kdo nabízel odpovídající vhodné stavební díly. Pro nadějný budoucí trh družicového příjmu vzniklo během doby u firmy mnoho inovačních řešení nejrůznějších problémů při příjmu družicových signálů.

Jako příklad může sloužit rozmanitá nabídka multipřepínačů, tedy komponentů, pomocí nichž je možno velmi jednoduchým způsobem připojit šest, popř. osm účastníků na jedno družicové přijímací zařízení. První šestinásobný multipřepínač vůbec pochází - jak také jinak - od firmy SPAUN.

Náškok pomoci inovace, tak zní vůdčí motivy SPAUN electronic. Absolutní tre-

fa se podařila podniku kaskadovým multipeřípnacím systémem. Tento princip, přihlášený jako patent, způsobil v době své prezentace na IFA 93 v Berlíně rozruch a v současnosti je používán v celé Evropě. Tento novodobý rozbočovací systém je koncipován pro zařazení v malých až velkých společných přijímacích zařízeních a umožňuje u všech účastníků příjem všech dostupných pozemských nebo družicových vysílačů. Jednou z mnoha výhod tohoto systému je, že počet připojených účastníků může být díky modulovému stavebnicovému řešení kdykoliv rozšířen.

Velkou budoucnost bude mít zřejmě i nový DUO-multipřepínač, s nímž může až šest účastníků - nezávisle na sobě - volit mezi dvěma družicovými systémy. Spínáný napájecí zdroj tohoto zařízení je přitom konstruován tak, že zaručuje dokonalou činnost a dodržení všech technických parametrů při napájecím střídavém napětí v mezech od 90 do 250 V.

Nejzajímavější na tomto výrobku je synchronní regulátor, realizovaný firmou SPAUN poprvé v anténní technice. Umožňuje vzájemně přizpůsobit rozdílné úrovně příjmu mezi dvěma družicovými systémy.

Dalším ne každodenním znakem je automatické úsporné vypínání napájecího proudu, které pracuje tehdy, neodebrá-li žádný z připojených účastníků signál (se tím se tím energie).

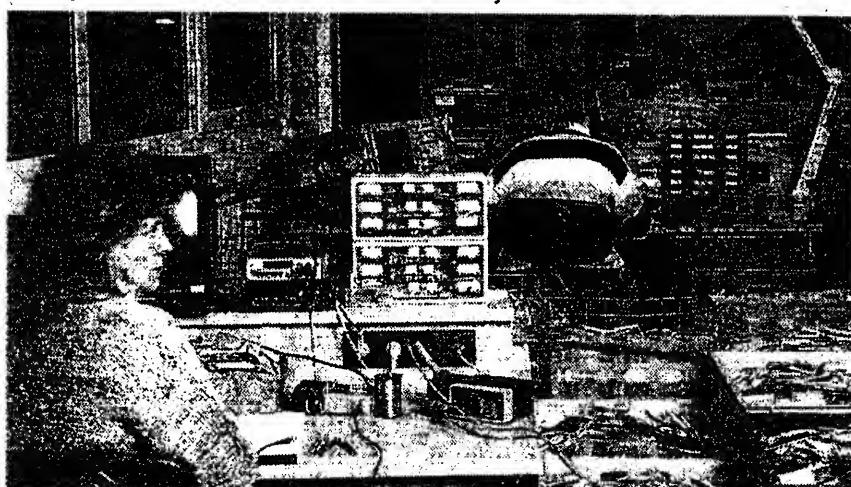
„Nejmíňadám“ důkazem o důležitosti inovací pro firmu Spaun je světová novinka: SPAUN electronic vyvinul první nastavitelný náklonový člen pro družicový mezifrekvenční zesičovač.

Při používání nejnovějších mikrovlnných polovodičových součástek může tedy SPAUN nabízet výrobky se špičkovými technickými parametry. Nejmodernější počítačem řízené výrobní zařízení i kvalifikovaný personál zaručují v oblasti vývoje, výroby a zkoušení jakosti absolutní spolehlivost. Při tom jsou samozřejmě důsledně dodržována všechna důležitá ustanovení a předpisy.

Firmu na našem trhu zastupuje
Spaun electronic, satelitní a sdělovací technika, zastoupení v České republice

**Březová 23, 182 00 Praha 8,
tel./fax (02) 88 52 20.**

Výrobky Spaun electronic jsou homologovány ČTÚ, na všechny výrobky je záruka 2 roky.



Z výroby u firmy Spaun electronic v Singenu

VKV, UKV a cm vlny v nomogramech a grafech

Ing. Miroslav Procházka, CSc.

Technika velmi vysokých kmitočtů se již rozvíjí několik desítek let a zasahuje do rozvoje pasivního i aktivního přenosu informací. Obory jako směrové spoje, radiotelefony, radiolokační a v poslední době zejména družicová technika využívají této techniky zcela zásadně. Ačkoliv počítače opanovaly praktický denní život technika, není ještě u nás všechno na disketách a některé programy jsou dostupné jen velmi obtížně.

Dominujáme se proto, že soustředění důležitých podkladů pro technickou práci v oboru šíření elektromagnetických vln, antén a vedení do nomogramů a grafů přijde vhod řadě našich čtenářů. Je však docela možné, že uvedená tematika bude naposledy takto publikována právě v AR a že příště budou již k dispozici potřebné informace na disketách nebo jiných paměťových prvcích.

Uvedené grafy a nomogramy byly vybrány z autorova obsáhlého souboru, sbíraného za posledních 40 let z různých pramenů, jejichž anotace není v současnosti již plně k dispozici. V textu jsou však uvedeny anotace některých odborných děl a statí, v nichž lze nalézt podrobnější informace k uváděné tematice.

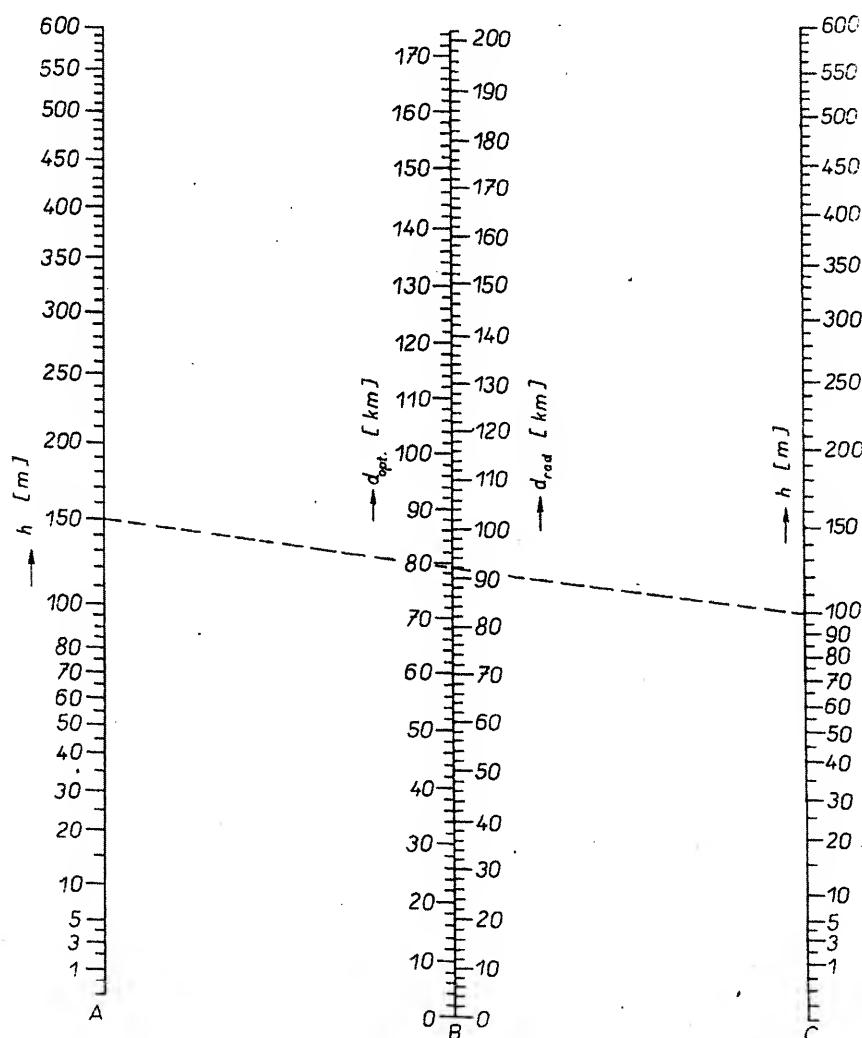
Autor se pokusil co možno nejvíce sjednotit označování jednotlivých veličin, všude to však nebylo možné a proto odkazuje laskavého čtenáře na pozorné čtení textů, doprovázejících jednotlivé obrázky.

Radiová a optická viditelnost na dohled (obr. 1)

Meze radiové a optické viditelnosti na dohled (radio, optical line-of-sight), Radiohorizont, optischer Horizont) lze určit z výšky h vysílači resp. přijímací antény (na osách A a C) a průsečíku spojnice obou výšek (na ose B). Výškou antény se rozumí výška, přečtená z mapy terénu, tedy převýšení nad min. nadmořskou výškou na trase. Mezi vysílačem a přijímačem nejsou žádné překážky a první Fresnelova zóna je bezpečně volná.

Meze radiové viditelnosti získané z nomogramu předpokládají ekvivalentní poloměr R Země rovný $4/3$ skutečného poloměru R_0 Země ($R_0 = 6375$ km, $R = 8500$ km). Stupnice d_{opt} platí pro optický a stupnice d_{rad} pro radiový „dohled“.

Ekvivalentní poloměr Země se zavádí v důsledku lomu radiových vln



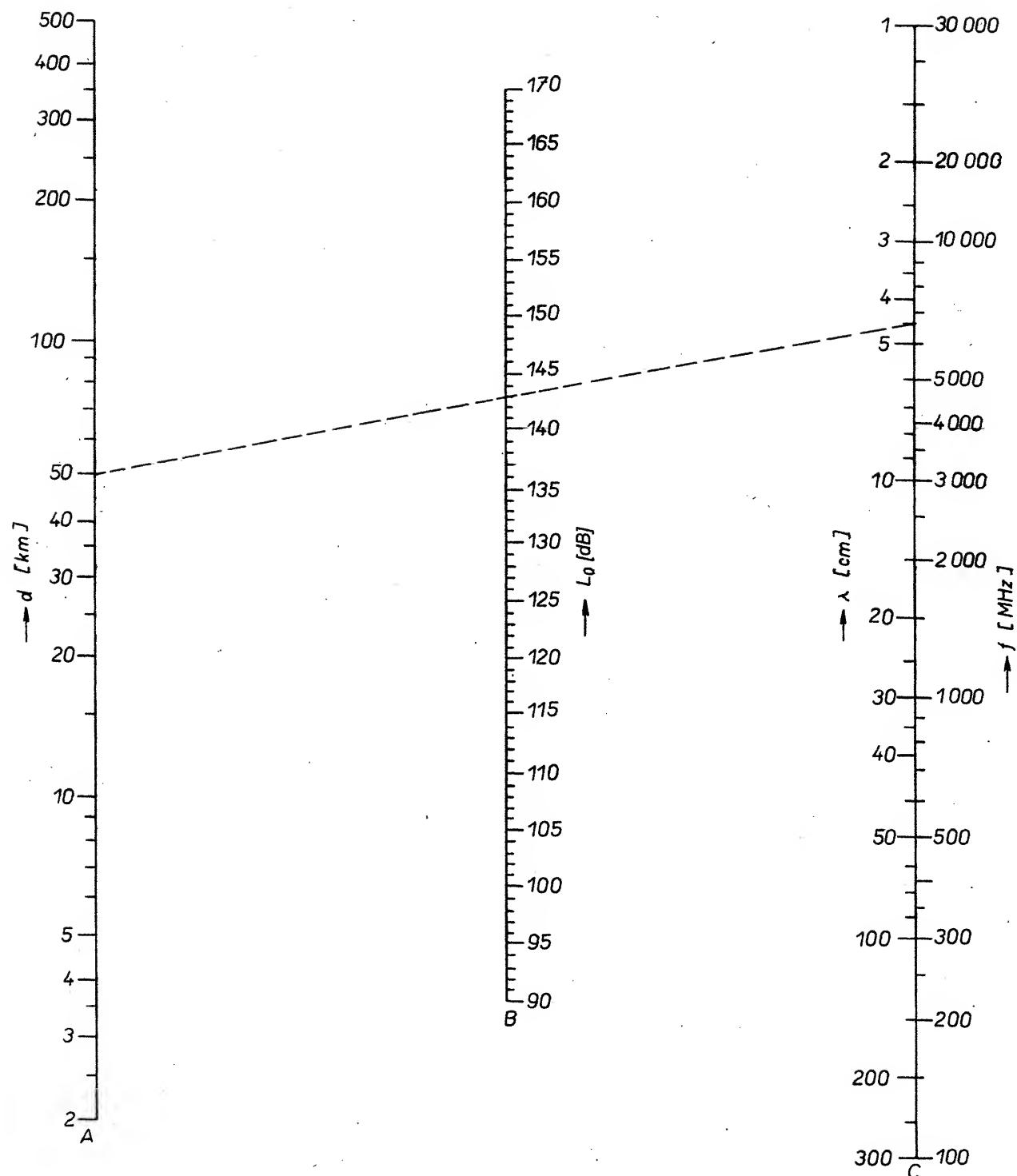
Obr. 1.

v atmosféře, takže dosah spojení je větší než je optická viditelnost.

Vlivem změn v ovzduší však signál na mezním radiovém dosahu kolísá. Pro zcela bezpečné spojení je výhodnější předpokládat, že je mezi radiové viditelností kratší než optické viditelnosti. V praxi se proto často používá jako radiový „dohled“ zkrácená optická viditelnost a to 0,7 d_{opt} .

Příklad: Dvě místa s výškami 150 m a 100 m mají optickou viditelnost asi 80 km a radiovou viditelnost 92 km.

**Útlum na trase mezi dvěma izotropními anténami
ve volném prostoru (obr. 2)**



K určení útlumu na trase ve volném prostoru (free space path attenuation, Freieraumdämpfung) vynešeme na osu A vzdálenost mezi antény d [km] a na osu C vlnovou délku λ [cm] nebo kmitočet f [MHz]. Spojnice obou bodů vytírána na ose B útlum trasy L_0 [dB].

Příklad. Útlum mezi dvěma izotropními anténymi vzdálenými 50 km je při vlnové délce 4,5 cm přibližně 143 dB.

Uvedený nomogram graficky vyjádřuje matematický vztah pro útlum na trase

$$L_0 = 10 \log (\lambda / 4\pi d)^2 \text{ [dB]},$$

kam λ a d dosazujeme v cm.

Jsou-li jako obě antény použity půlvlnné dipoly, pak se útlum L_d na trase zmenší na

$$L_d = L_0 - 4,3 \text{ [dB]}.$$

Někdy bývá nutné použít hůře přizpůsobené antény. Celkový útlum L_c na trase je pak dán vztahem

$$L_c = L_d + 6,02 + 10 \log \sigma - 20 \log (\sigma + 1) \text{ [dB]},$$

kde σ je činitel stojatých vln, měřený na svorkách jedné antény.

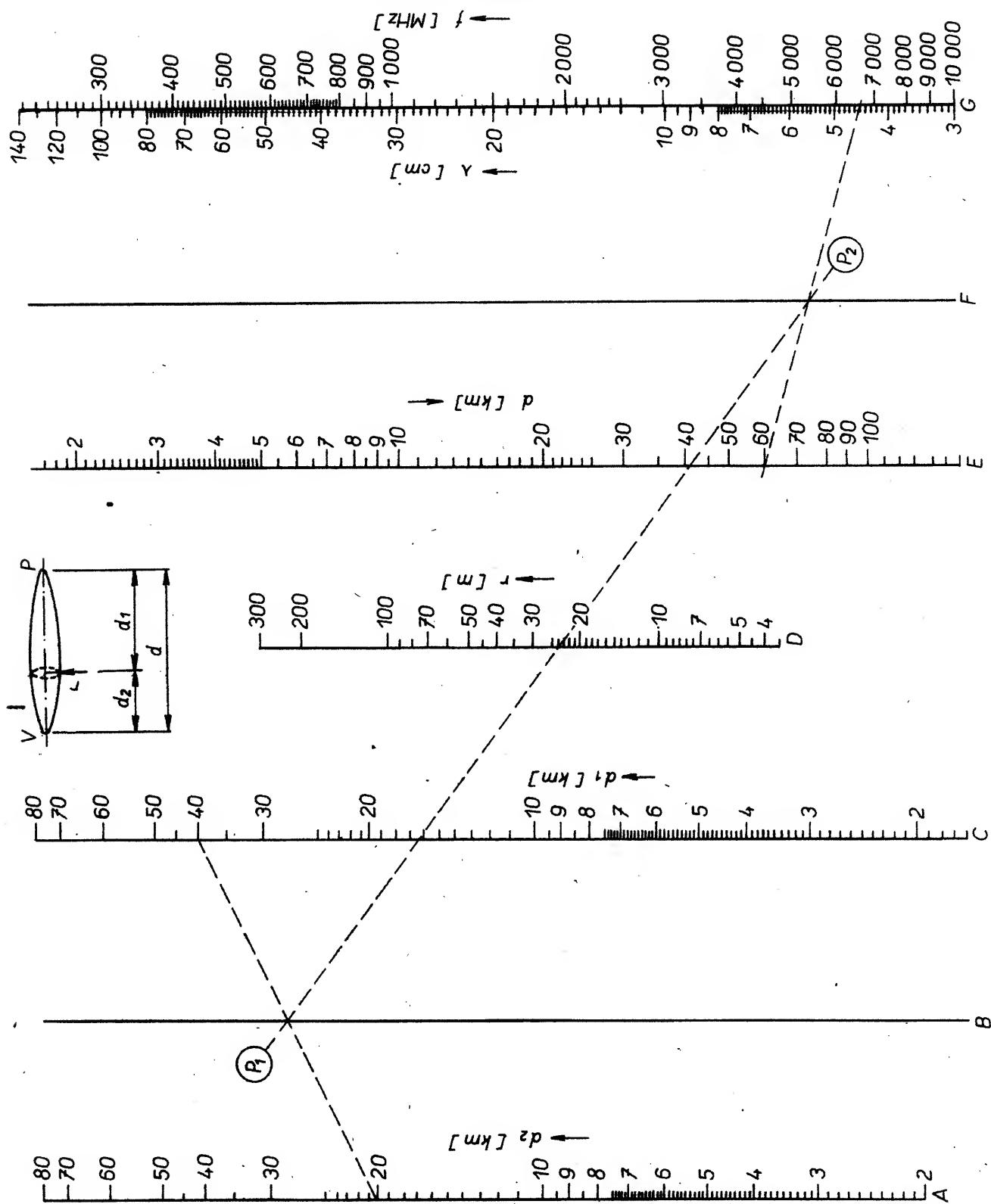
Příklad. Útlum mezi dvěma dipoly vzdálenými 50 km je při vlnové délce $\lambda = 1$ m a nepřizpůsobení přijímací antény ČSV = 3

$$L_c = 110,5 \text{ dB}.$$

Literatura:

Bullington, K.: Radio propagation variations at VHF and UHF. Proceedings I. R. E., sv. 38, leden 1950.

Určení volné první Fresnelovy zóny (obr. 3)



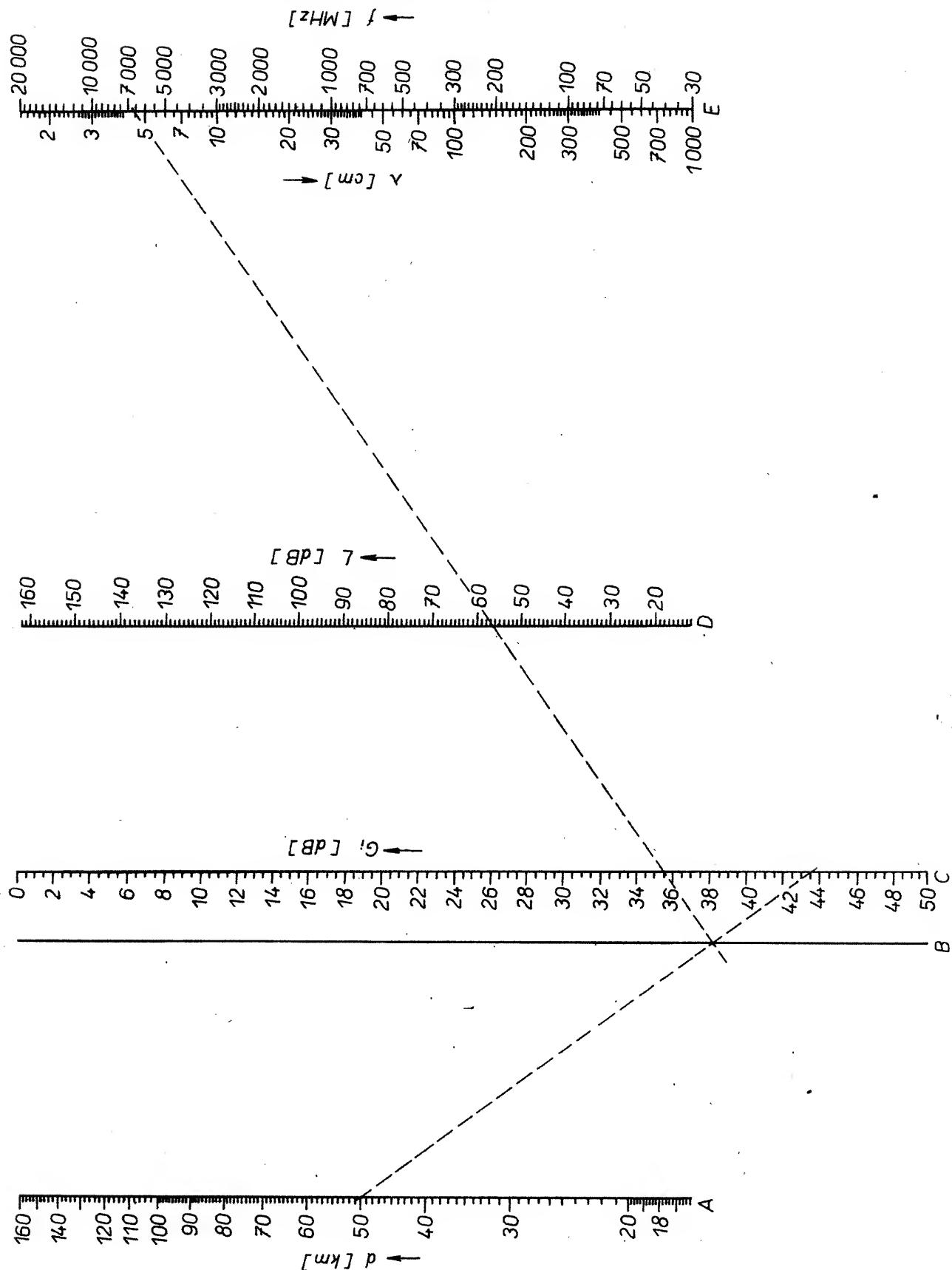
Voľná prvná Fresnelova zóna (clearance od the 1st Fresnel zone, freie erste Fresnel zone) ohraničuje rozhodujúci oblasť, ktorá má vliv na šírenie radiových vln nad členitým povrchom Země. Je tvorená elipsoidom, jehož hlavná osa je totožná s spojnicou medzi vysielači a prijímací anténou, obě antény sú v ohniscích elipsoidu.

Vzdáenosť d_2 [km] medzi vysielačou (V) a zkoumanou prekážkou

vyneseme na osu A a vzdáenosť d_1 [km] medzi prekážkou a prijímací anténou (P) vyneseme na osu C. Oba body spojime prímkou, ktorá vytne prúsečík P_1 na osе B. Potom celkovú vzdáenosť d [km] medzi anténami vyneseme na osu E a vlnovou dĺžku λ [cm] nebo kmitočet f [MHz] na osu G. Oba body spojime prímkou, ktorá vytne na osе F bod P_2 . Body P_1 a P_2 spojime prímkou, ktorá vytne na osе D polomer r prvej Fresnelovej zóny v miestе prekážky. Je-li výška prekážky menší než polomer, je zóna voľná a naopak.

Priklad. Na trase dlouhé 20 a 40 km má při vlnové délce $\lambda = 4,5$ cm první Fresnelova zóna v místě prekážky polomer $r = 24$ m.

Útlum na trase radiového spojení (obr. 4)



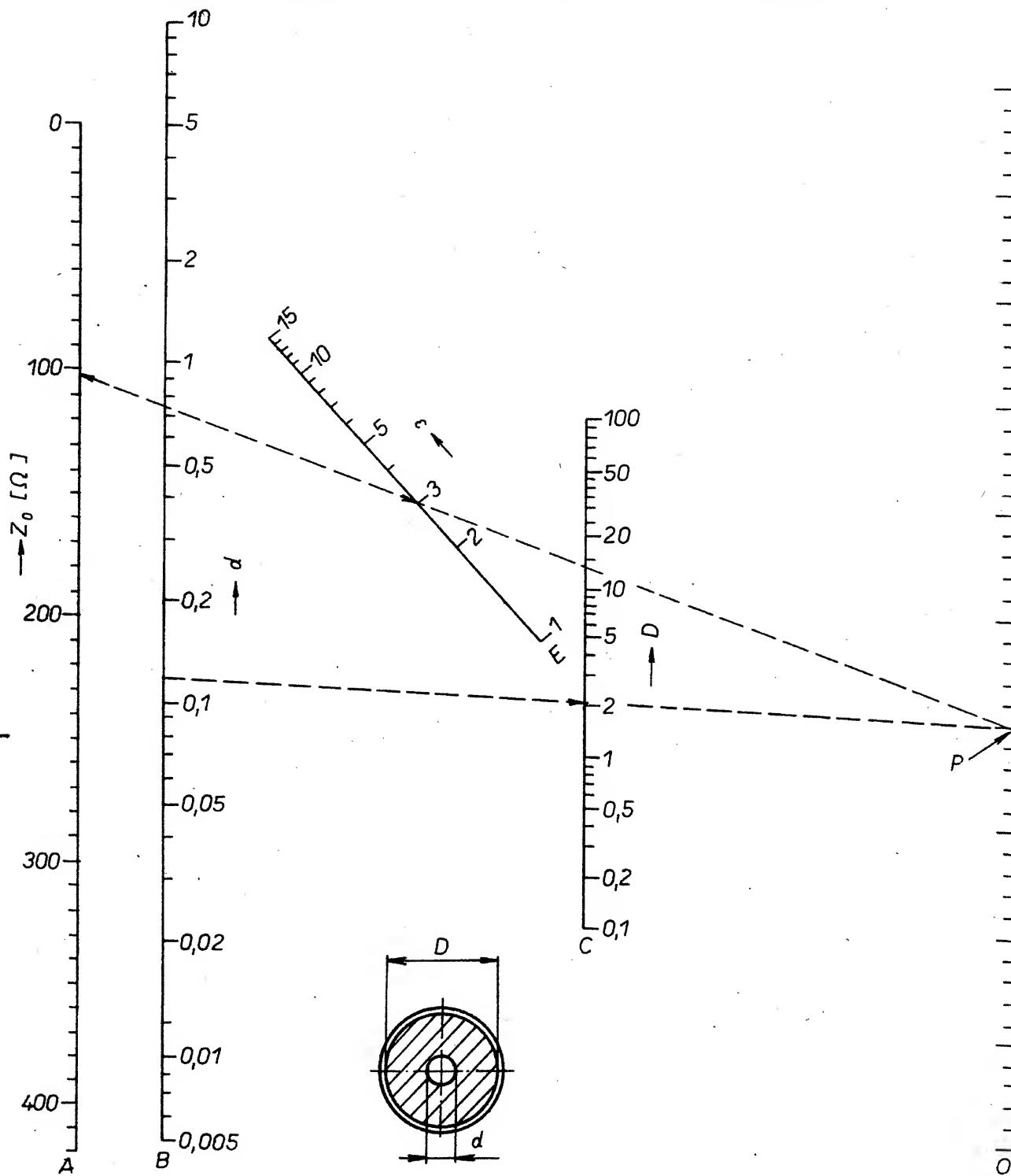
Nomogram pro útlum na trase radiového spojení (path attenuation, Funkfelddämpfung) doplňuje nomogram pro útlum ve volném prostoru mezi dvěma izotropními anténami.

Předpokládá se, že obě antény mají stejný zisk G_i (vůči izotropní anténě). K určení útlumu vyneseme na osu A vzdálenost d [km] mezi anténa- mi a zisk G_i [dB] antén na osu C. Spojnice obou veličin vytne na pomocné ose B bod P. Tento bod spojime přímkou s údajem o vlnové délce

λ [cm] nebo kmitočtu f [MHz] na ose E. Průměrka vytne na ose D útlum L [dB] na trase radiového spojení.

Příklad. Pro vlnovou délku $\lambda = 4,5$ cm je útlum na trase v délce 50 km za použití antén se ziskem 43,5 dB přibližně 56 dB.

Charakteristická impedance souosého vedení s pevným dielektrikem (obr. 5)



Charakteristickou impedanci (characteristic impedance, charakteristische Impedanz) souosého (koaxiálního) vedení s bezeztrátovým dielektrikem (vyplňujícím zcela prostor mezi vodiči) a s dokonalými vodiči určíme tak, že na osy B resp. C vyneseme velikost průměru d vnitřního vodiče resp. velikost vnitřního průměru D vnějšího vodiče a spojíme je přímkou, která vytne na pomocné ose O bod P, který spojíme s údajem o permitivitě (dielektrické konstantě) ϵ dielektrika na ose E. Tato přímka pak na ose A

vytne velikost charakteristické impedance.

(Pozn. Rozměry d a D musí být udány ve stejných jednotkách.)

Příklad. Je dáno $d = 0,12 \text{ cm}$, $D = 2,1 \text{ cm}$, $\epsilon = 3,0$; charakteristická impedance takového souosého vedení je $Z_0 = 100 \Omega$.

Permitivity ϵ a ztrátové úhly $\operatorname{tg} \delta \cdot 10^{-4}$ některých materiálů

Teflon - $\epsilon = 2,1$ (3 GHz), 2,08 (10 GHz),
 $\operatorname{tg} \delta = 1,5$ (3 GHz), 3,7 (10 GHz).

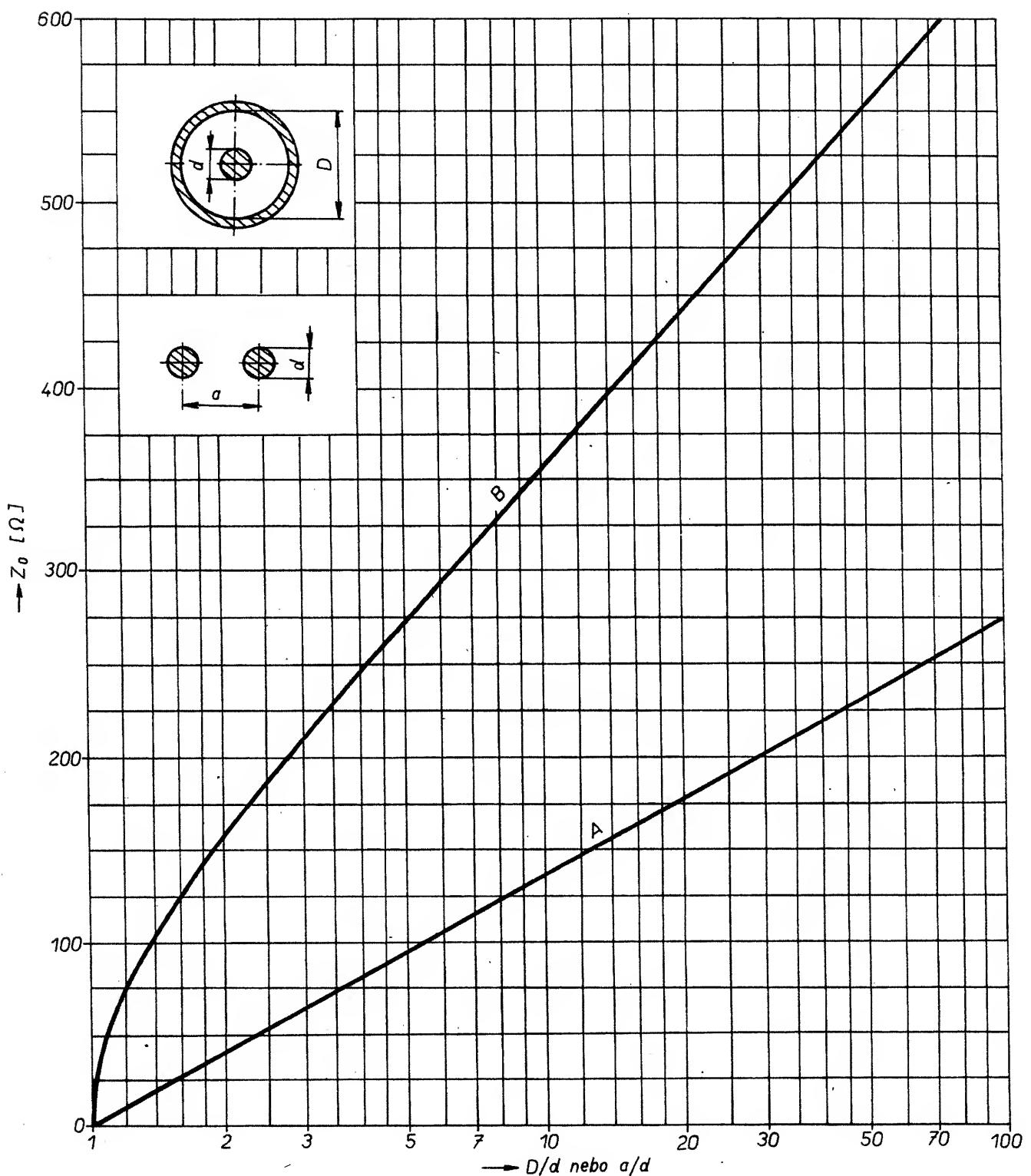
Polyetylén - $\epsilon = 2,21$ až 2,26
 $(1$ až 10 GHz),
 $\operatorname{tg} \delta = 2$ až 4 (1 až 3 GHz),
 2 až 5 (10 GHz).

Polystyren - $\epsilon = 2,5$ (1 až 10 GHz),
 $\operatorname{tg} \delta = 1$ až 4,5 (1 GHz),
 2 až 5 (3 GHz),
 3 až 7 (10 GHz).

Polyst. pěnový - $\epsilon = 1,05$ (3 až 10 GHz),
 $\operatorname{tg} \delta = 0,3$ (3 GHz).

(Další materiály na str. 128)

**Charakteristická impedance dvoudrátového a souosého vedení
se vzduchovým dielektrikem (obr. 6)**



V grafu je uvedena charakteristická impedance Z_0 jednako sousého vedení (kurva A) a jednako dvoudrátového vedení (kurva B) jako funkce poměru mezi průměry vodičů D/d a

poměru mezi osou vzdáleností a a průměrem d jednoho z vodičů dvoudrátového vedení (a/d). Graf vychází ze vztahů pro charakteristickou impedanci dvoudrátového vedení

$$Z_0 = 276 \cdot \sqrt{\mu_r / \epsilon_r} \log [a/d + \sqrt{a^2/d^2 - 1}]$$

a souosého (koaxiálního) vedení

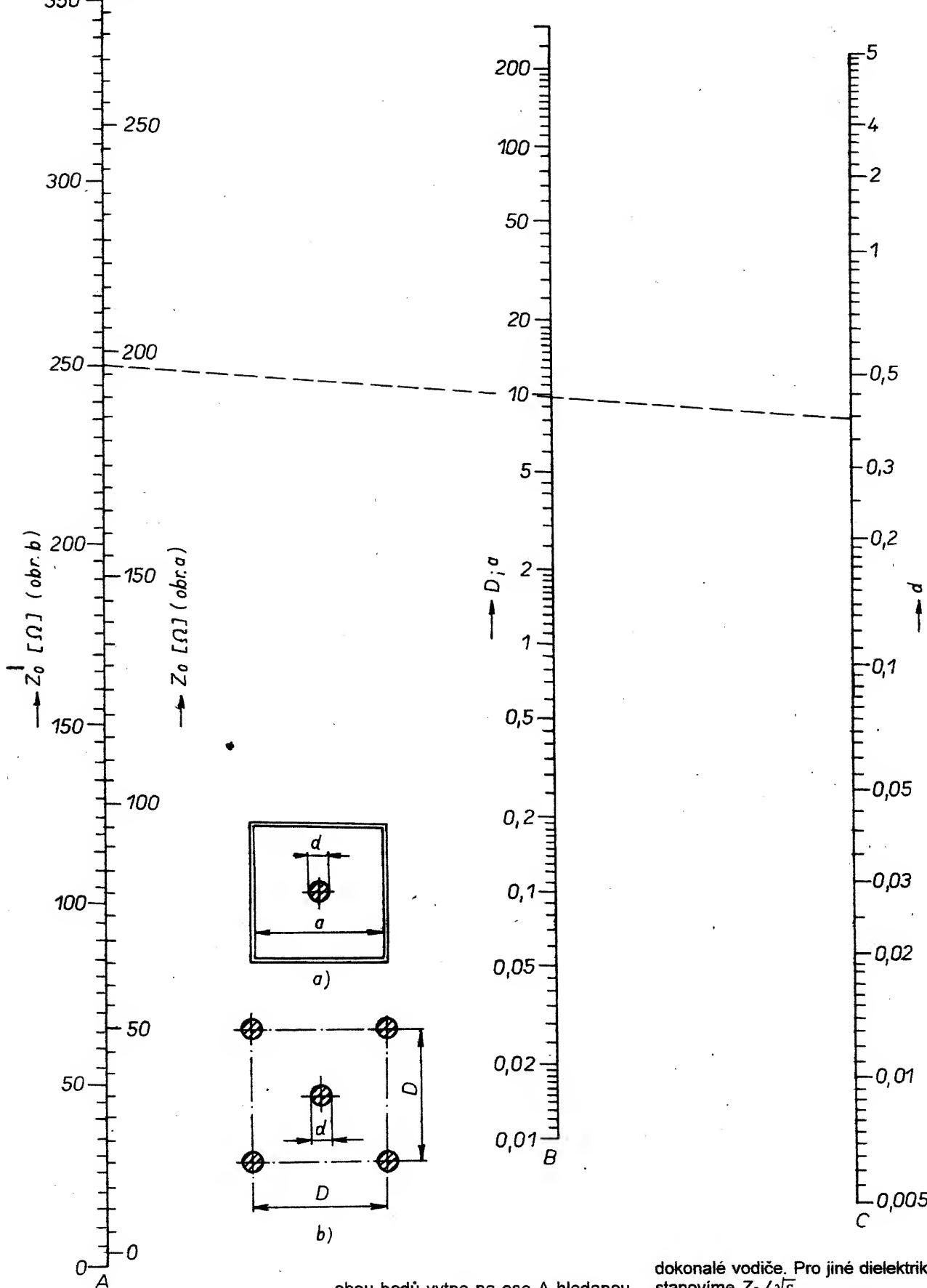
$$Z_0 = 138 \cdot \sqrt{\mu_r / \epsilon_r} \log D/d$$

(pro $\epsilon_r = 1$ a $\mu_r = 1$)

Permitivity a ztrátové úhly dalších materiálů

<u>Polymethylmetakrylát</u> („plexisklo“) -	$\epsilon = 2,6$ (3 až 10 GHz), $\text{tg } \delta = 57$ (3 GHz), 67 (10 GHz).
<u>Slída</u> -	$\epsilon = 5,4$ (1 až 10 GHz), $\text{tg } \delta = 2,5$ až 3 ((1 až 10 GHz)).
<u>Sklo pro vf techniku</u> -	$\epsilon = 4$ (1 až 10 GHz), $\text{tg } \delta = 12, 19, 21$ (1, 3, 21 GHz)

**Charakteristická impedance vedení -
čtvercovitý vnější vodič plný nebo drátový (obr. 7)**



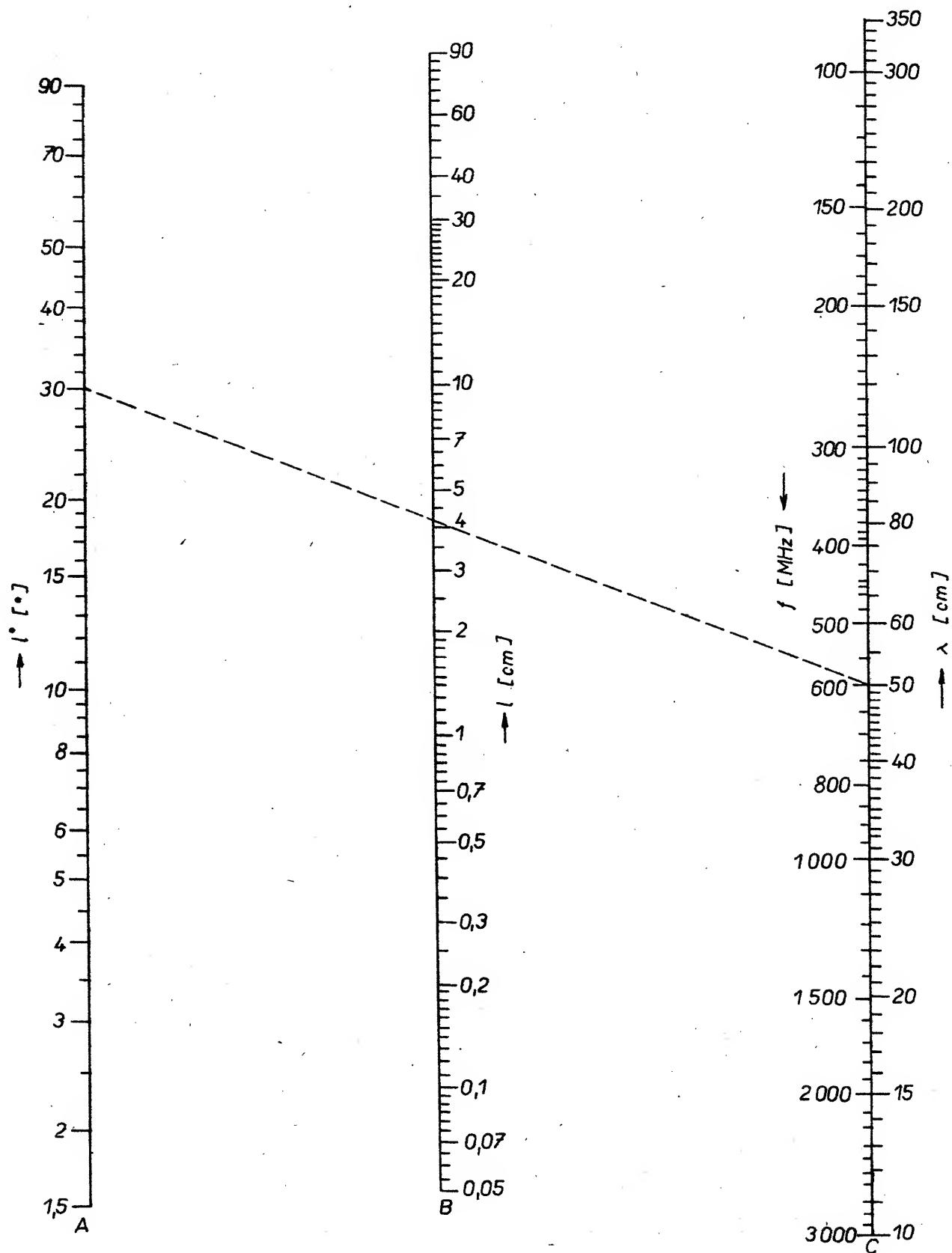
Na osu B se vynášejí rozteče D čtyřdrátu, resp. vnitřní rozměr a čtvercovitého pláště. Na osu C se vynáší průměr d středního vodiče. Spojnice

obou bodů vytne na ose A hledanou charakteristickou impedanci Z_0 a to bud' na stupnici pro uspořádání podle obr. a nebo b. Pro údaje D, d a a je třeba použít stejně jednotky. Předpokládá se vzduchové dielektrikum a

dokonalé vodiče. Pro jiné dielektrikum stanovíme $Z_0 / \sqrt{\epsilon}$.

Příklad: $d = 0,4$ cm, $a = 10$ cm; $Z_0 = 197 \Omega$.

Elektrická délka vedení (obr. 8)



Elektrická délka l° (souosého, dvoudrátového apod.) vedení závisí na kmitočtu vlnění f [MHz], které se šíří podél vedení geometrické délky l .

Údaj elektrické délky je ve stupních, což je výhodné pro další výpočty ($l^\circ = 90^\circ$ znamená, že vedení má elektrickou délku čtvrt vlny) a je dán vztahem

$$l^\circ = (360 \cdot l) / \lambda \quad [^{\circ}]$$

Vedení naplněné dielektrikem s permitivitou (dielektrickou konstan-

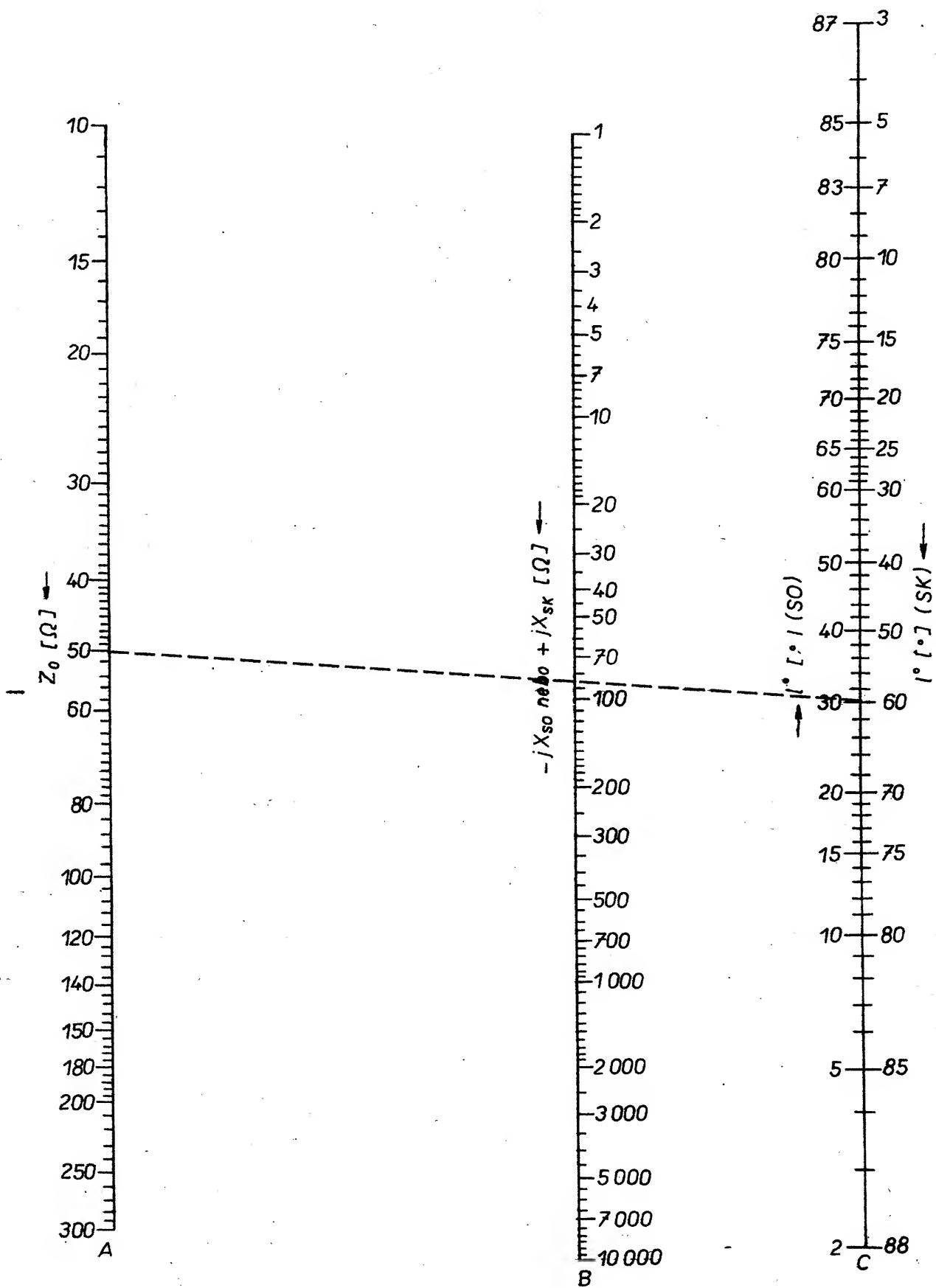
tou) ϵ je elektricky delší a platí, že jeho délka

$$l_d = l \cdot \sqrt{\epsilon}$$

Pozn. Předpokládá se bezezrátové dielektrikum a dokonalé vodiče.

Příklad: $l = 4,2$ cm, $\lambda = 50$ cm; $\epsilon = 30$.

Vstupní reaktance vedení naprázdno a nakrátko (obr. 9)

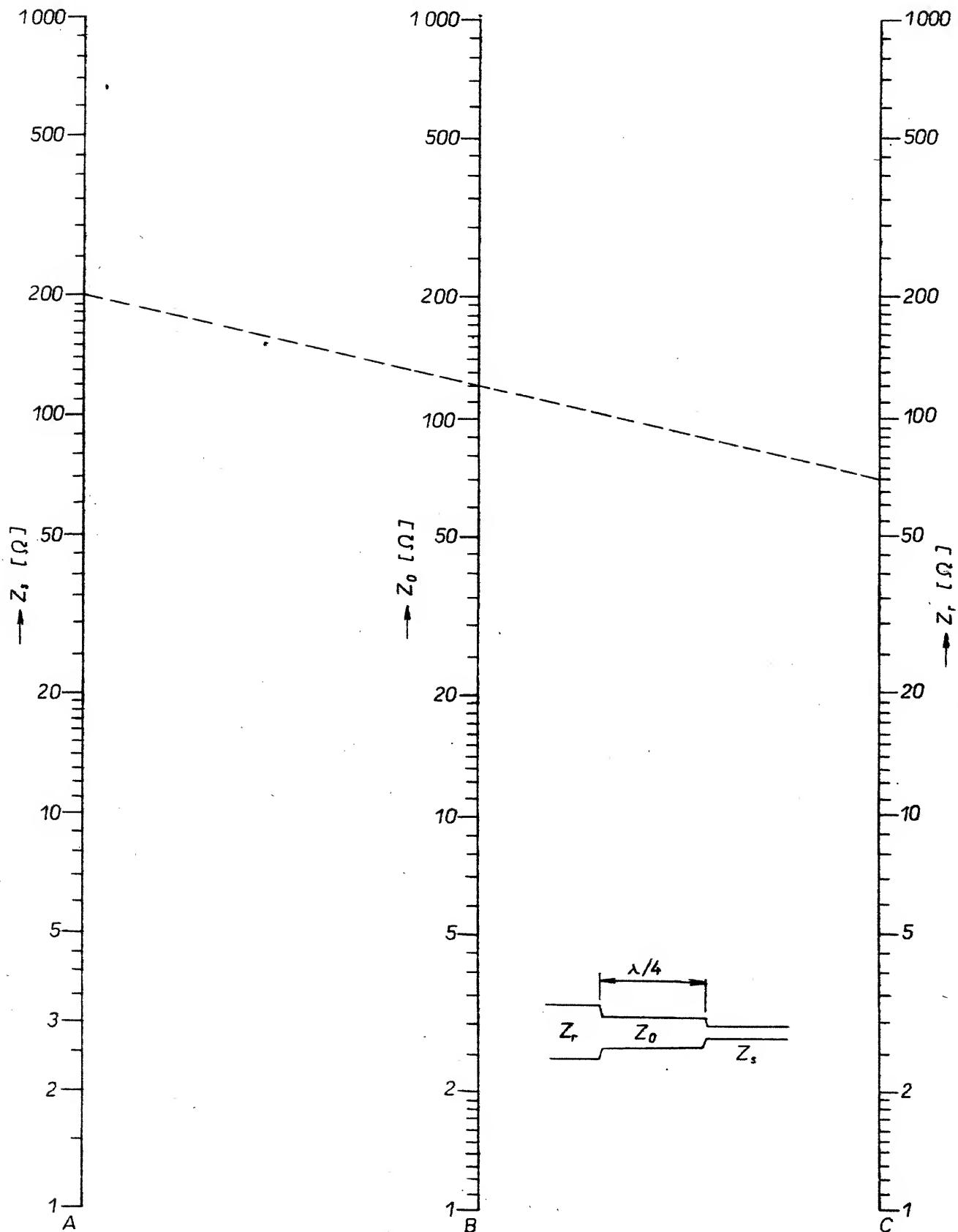


Vstupní reaktanci vedení (input reaktance, Leitungsreaktanz) naprázdno a nakrátko lze určit z elektrické délky l' vedení, která se vynese na osu C a to na stupnici SO pro vedení

naprázdno a SK pro vedení nakrátko. Spojnice s údajem charakteristické impedance $Z_0 [\Omega]$ na ose A vytne na ose B údaj o vstupní reaktaci vedení naprázdno $-jX_{SO}$, nebo nakrátko jX_{SK} .

Příklad: $l'_{SO} = 30^\circ$, $Z_0 = 50 \Omega$; $X_{SO} = -j86 \Omega$.

Čtvrtvlnný transformátor (obr. 10)



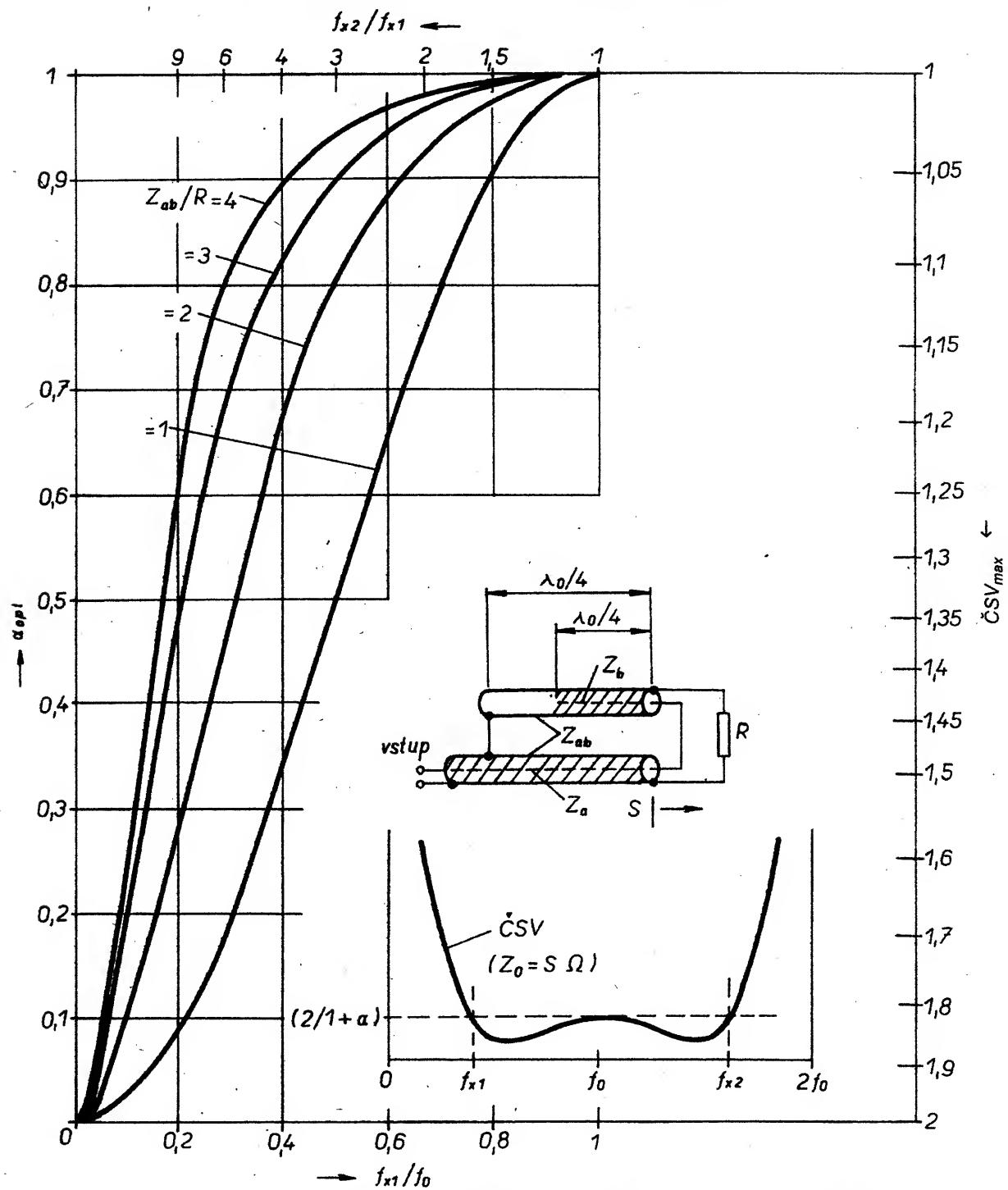
Čtvrtvlnný transformátor (quarter-wave transformer, Viertelwellentransformator) je čtvrtvlnný úsek vedení,

sloužící k impedančnímu přizpůsobení dvou reálných odporů, resp. dvou vedení s charakteristickými impedančemi Z_R a Z_S a to podle vztahu

$$Z_0 = \sqrt{Z_R \cdot Z_S}$$

na ose B z průsečíku spojnice dvou impedancí Z_S a Z_R , které vyneseme na ose A a ose C.

Širokopásmový kompenzovaný „balun“ (obr. 11)



„Balun“ (balanced-to-unbalanced line transformer, Breibandsymmetriertransformator) slouží k připojení souosého vedení na souměrnou impedanci (dipól apod.). Uvedený typ je schopen širokopásmově přizpůsobit impedanci generátoru a zároveň pro kmitočtové pásmo 1:4, popř. 13:1.

Použité veličiny a vztahy:

$\check{CSV}_{max} = 2/(1 + \alpha)$, maximální dovolený činitel stojatých vln na vstupu, R = zatěžovací impedance,

Z_b = charakteristická impedance kompenzačního vedení naprázdno, Z_{ab} = charakteristická impedance souměrného vedení nakrátko,

S = optimální impedance při kmitočtu f_0 , $S = R/2(1 + \alpha)$,

α_{opt} = optimální velikost impedance,

$$\alpha_{opt} = Z_{ab}Z_b/R^2$$

Z_a = impedance vhodná pro přizpůsobení impedance S k impedance generátoru,

$\lambda_0/4$ = elektrická délka vedení Z_b a Z_{ab} při kmitočtu f_0 .

Nomogram reprezentuje vztah mezi parametry Z_a , Z_{ab} , Z_b , R k požadovanému maximálnímu \check{CSV} v pracovním pásmu f_{x1}/f_0 nebo f_{x2}/f_{x1} .

Nejprve se určí prakticky realizovatelná charakteristická impedance Z_{ab} souměrného vedení (volme co možno největší). Pro požadovanou šířku pásmu f_{x1}/f_0 , popř. f_{x2}/f_{x1} a zvolený poměr Z_{ab}/R se přečte dosažitelné \check{CSV}_{max} a α_{opt} . Ze vztahu pro α_{opt}

se určí charakteristická impedance úseku kompenzačního vedení

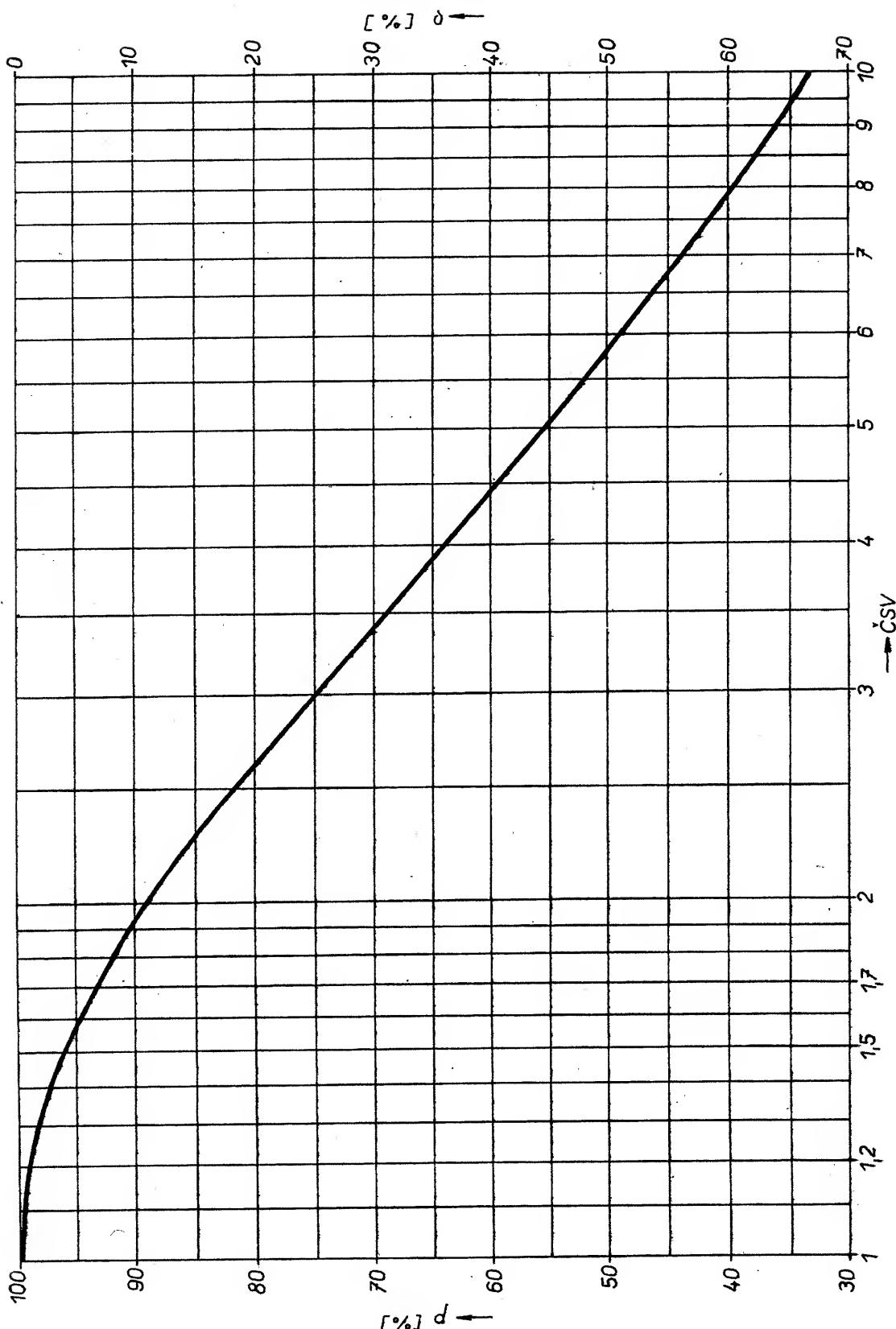
$$Z_b = (\alpha R^2)/Z_{ab}$$

a kontroluje se, je-li realizovatelná s daným vodičem souměrného vedení (předpokládá se použití dielektrika). Dále se stanoví impedance S a určí transformační impedance Z_a (předpokládá se použití dielektrika).

Příklad: $R = 50 \Omega$, $Z_{ab} = 200 \Omega$, $\check{CSV} = 1,2$, $\alpha = 0,66$, $Z_b = 8,25 \Omega$, $S = 15 \Omega$, $f_{x1}/f_0 = 0,22$.

Lit.: Oltman, H. G.: The Compensated Balun. IEEE Trans. MTT, sv. 14, č. 3/1966.

Ztráty na vedení (obr. 12)



Impedanční nepřizpůsobení vedení má za následek ztráty na přenesené energii nebo zkreslení přenášené informace. Impedanční nepřizpůsobení se v praxi nejčastěji udává tzv. činitelem stojatých vln, ČSV (též poměr

stojatých vln, PSV), někdy též přímo koeficientem odrazu ρ , pro který platí

$$\text{ČSV} = (1 + \rho)/(1 - \rho)$$

nebo

$$\rho = (\text{ČSV} - 1)/(\text{ČSV} + 1)$$

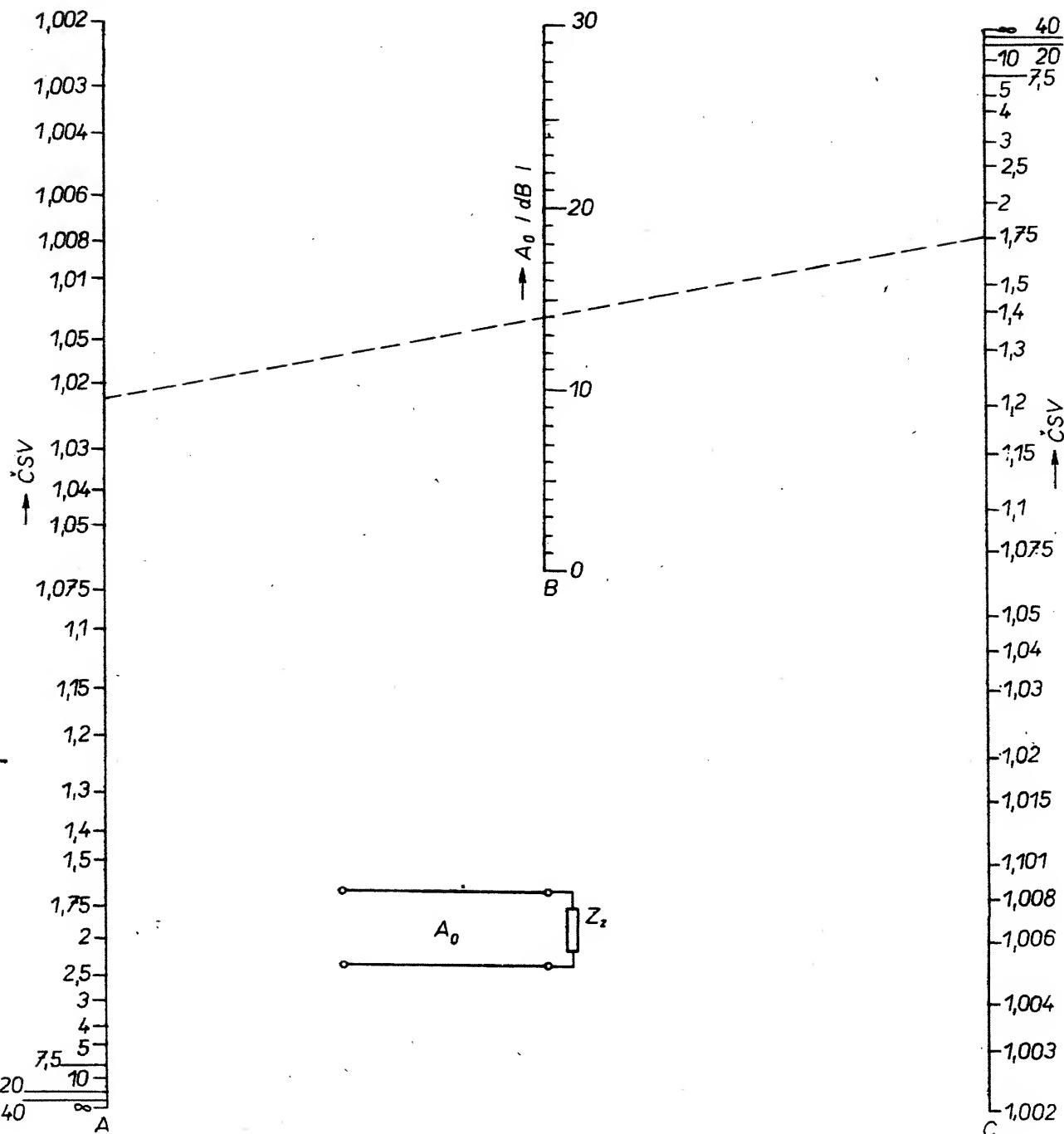
Vztah mezi přeneseným a odraženým výkonem na nepřizpůsobeném vedení se určí ze vztahu mezi tzv. koeficientem přenosu p a koeficientem

odrazu ρ

$$p = 1 - \rho^2.$$

K rychlému určení přeneseného i odraženého výkonu slouží graf, v němž koeficient ρ udává poměr výkonu odraženého / přicházejícího (P_r/P_d) a koeficient p udává poměr výkonu přeneseného / přicházejícího (P_t/P_d).

K určení činitele stojatých vln u vedení s vlastními ztrátami
 (malý ČSV - obr. 13, velký ČSV - obr. 14)



Obr. 13. K určení činitele stojatých vln u vedení s vlastními ztrátami pro malé ČSV

Nomogram na obr. 12 určoval ztráty na vedení za předpokladu zanedbatelných ztrát ve vlastním vedení (činných, „ohmických“ ztrát). Vedení s vlastními ztrátami A_0 [dB] způsobí, že činitel stojatých vln na vstupu vedení bude menší než u zátěže Z_z a naopak.

Následující dva nomogramy (obr. 13 a 14) umožňují určit činitely stojatých vln na vstupu vedení pro jeho malé a velké hodnoty. K určení ČSV na vstupu vedení vyneseme velikost ČSV u zátěže na osu C a vlastní útlum vedení na osu B. Spojnice obou bodů vytne na ose A údaj ČSV na vstupu vedení.

K určení ČSV u zátěže v závislosti na činiteli stojatého vedení na vstupu postupujeme obráceně od osy A.

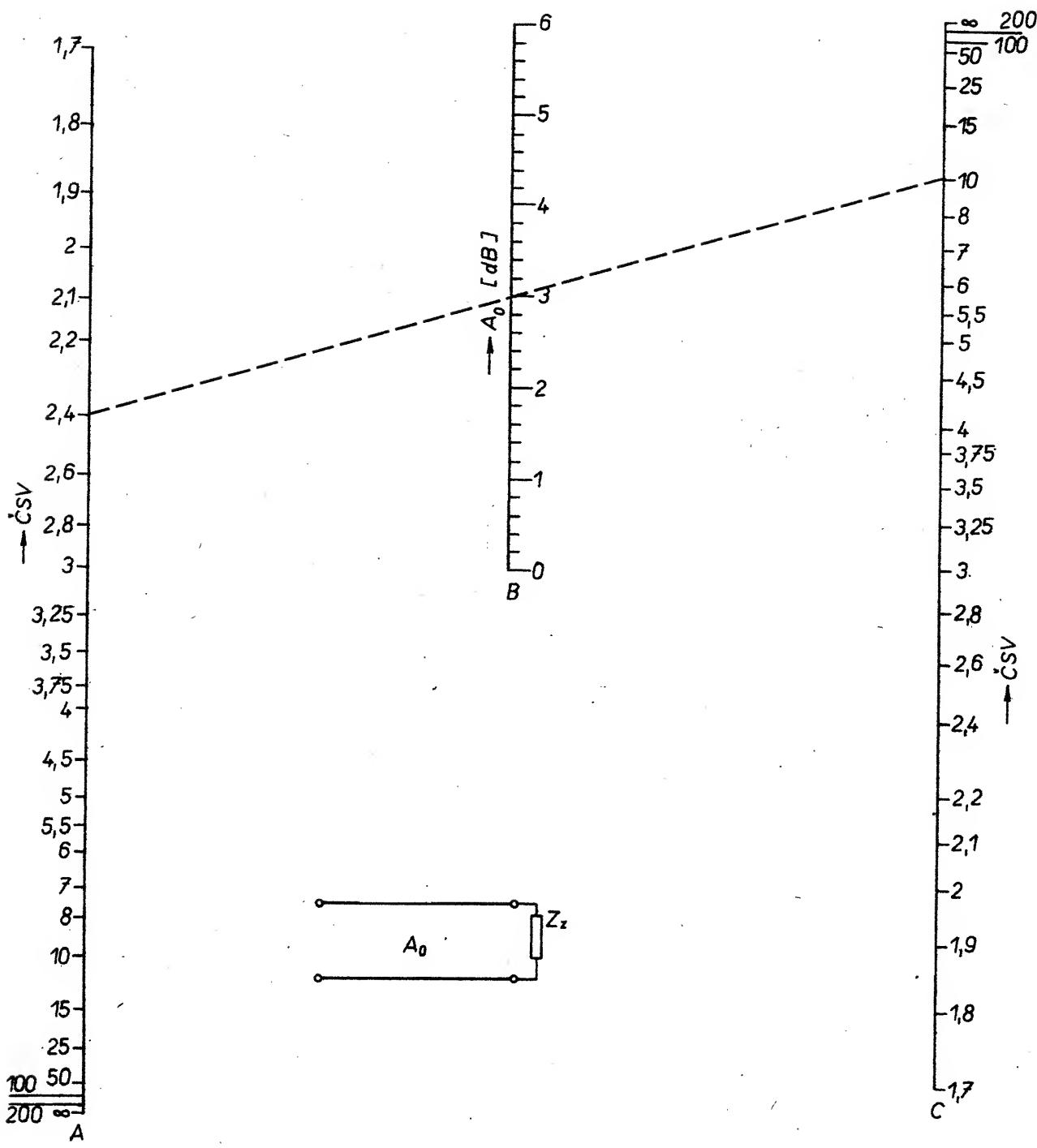
Příklady: Je-li u zátěže činitel stojatého vedení ČSV = 1,75, pak při útlumu vedení $A_0 = 14$ dB je činitel stojatého vedení na vstupu vedení pouze ČSV = 1,022.

Přijímací televizní anténa má na svorkách ČSV = 2,5. K přijímači je připojena koaxiálním (souosým) kabelem (např. VCEHY-75) o délce 25 m. Na IV. TV pásmu bude mít kabel útlum asi 5 dB, takže na vstupu kabelu bude ČSV asi 1,3.

Literatura:

Prokop, J.; Vokurka, J.: *Šíření elektromagnetických vln a antény*. SNTL, ALFA: Praha 1980.

Procházka, M.; Nešpor, J.: *Příručka projektování mikrovlnných dílů anténních systémů*. ČSVTS: LET Kunovice 1988.



Obr. 14. K určení činitele stojatých vln u vedení s vlastními ztrátami pro velké ČSV

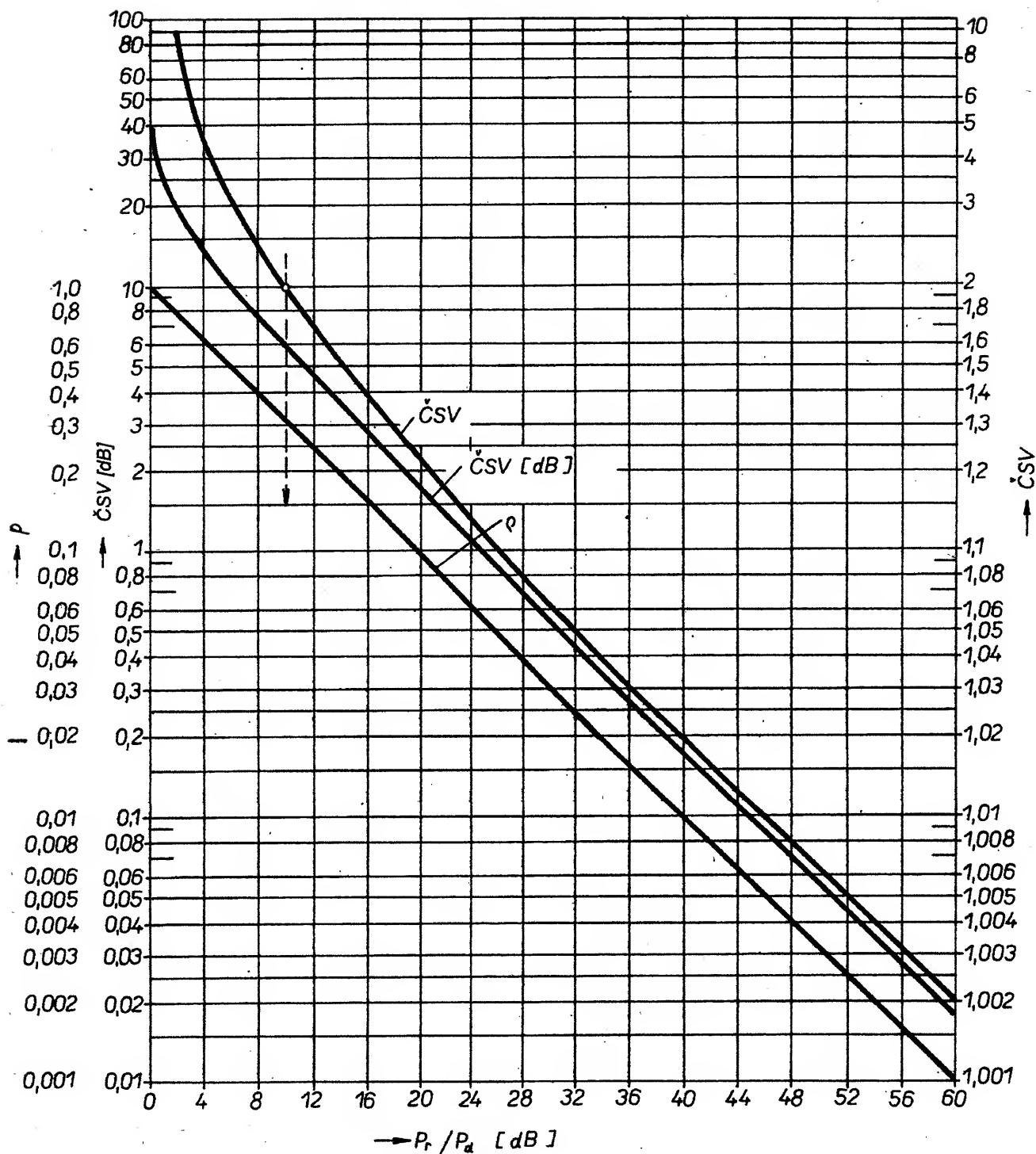
Příklad: Velmi zkrácený dipól s ČSV = 10 má minimálně ovlivnit laděný výstup vysílače. Použijeme vedení s útlumem 3 dB, u vysílače bude ČSV = 2,4.

Vybrané parametry koaxiálních (souosých) kabelů

Typ	Z_0 [Ω]	Měrný útlum [dB/100 m] pro kmitočet [MHz]			Dielektrikum	Vnější průměr [mm]	Výrobce
		100	460	960			
VCEHY-75-4,8	75	8,4	18,8	29	pln. PE 4,8	7,1	
VCBFE-75-4,4	75	5,8	13,5	19,2	balon. PE 4,4	8,5	Kabel. Děčín
VCBFE-75-9,5	75	2,7	6,1	9,4	balon. PE 9,5	15,2	
		150	450	960			
FSJ1-75	75	7,58	13,7	20,8		6,4	
FSJ4-75A	75	3,9	7,07	10,8	PE spec.	12,2	
FSJ1-50A	50	7,32	12,9	19,3		6,4	
FSJ2-50	50	4,9	8,73	13,1		9,5	Heliax- Andrew

Z_0 [Ω] ... charakteristická impedance

Převodní křivky ČSV, ρ , dB (obr. 15)



Orientační a srovnávací tabulka vybraných pravoúhlých obdélníkovitých vínovodů řady R

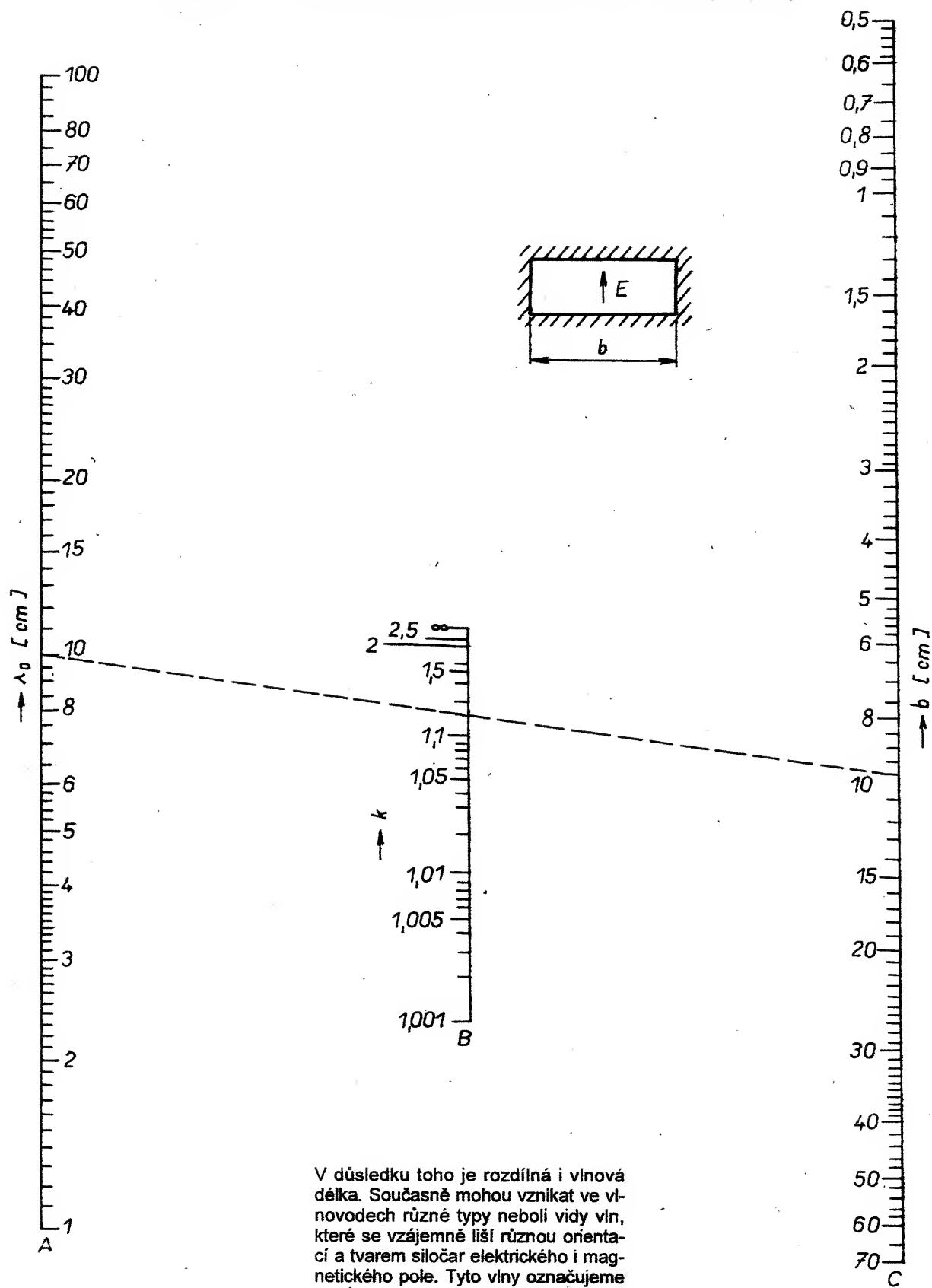
Provozní kmitočtový rozsah [GHz]	Střední délka vlny [cm]	Vnitřní rozměry [mm]		Typové označení	
		a	b	IEC	JAN
0,76 až 1,15	30	247,65	123,82	R9	RG-204/U
1,72 až 2,61	15	109,22	54,61	R22	RG-104/U
2,60 až 3,95	10	72,14	34,04	R32	RG-48/U
3,94 až 5,99	6	47,55	22,15	R48	RG-49/U
5,38 až 8,17	4	34,85	15,79	R70	RG-50/U
8,20 až 12,5	3	22,86	10,16	R100	RG-52/U
11,9 až 18,0	2	15,79	7,89	R140	RG-91/U
17,6 až 26,7	1,5	10,67	4,32	R220	RG-53/U
26,3 až 40,0	1,0	7,12	3,56	R320	RG-96/U

Převodní křivky slouží k vyjádření
veličin CSV , ρ a poměru výkonů odra-
ženého P_r a přicházejícího P_d v dB.
Plati

$$P_r / P_d = -20 \log \rho$$

Příklad: $\text{CSV} = 2$; $\text{CSV} = 6$ dB,
 $\rho = 0,3$, $P_d / P_r = 10,45$ dB.

Vlnová délka v obdélníkovitém vlnovodu, vlna TE₀₁ (obr. 16)



Elektromagnetické vlnění se šíří ve vlnovodu (waveguide wave; Wellenleiter Welle) s rozdílnou rychlosí oproti rychlosti ve volném prostoru.

V důsledku toho je rozdílná i vlnová délka. Současně mohou vznikat ve vlnovodech různé typy neboli vidy vln, které se vzájemně liší různou orientací a tvarem silových elektrického i magnetického pole. Tyto vlny označujeme buď jako příčné elektrické vlny TE_{mn} (H_{mn}) nebo příčné magnetické vlny TM_{mn} (E_{mn}).

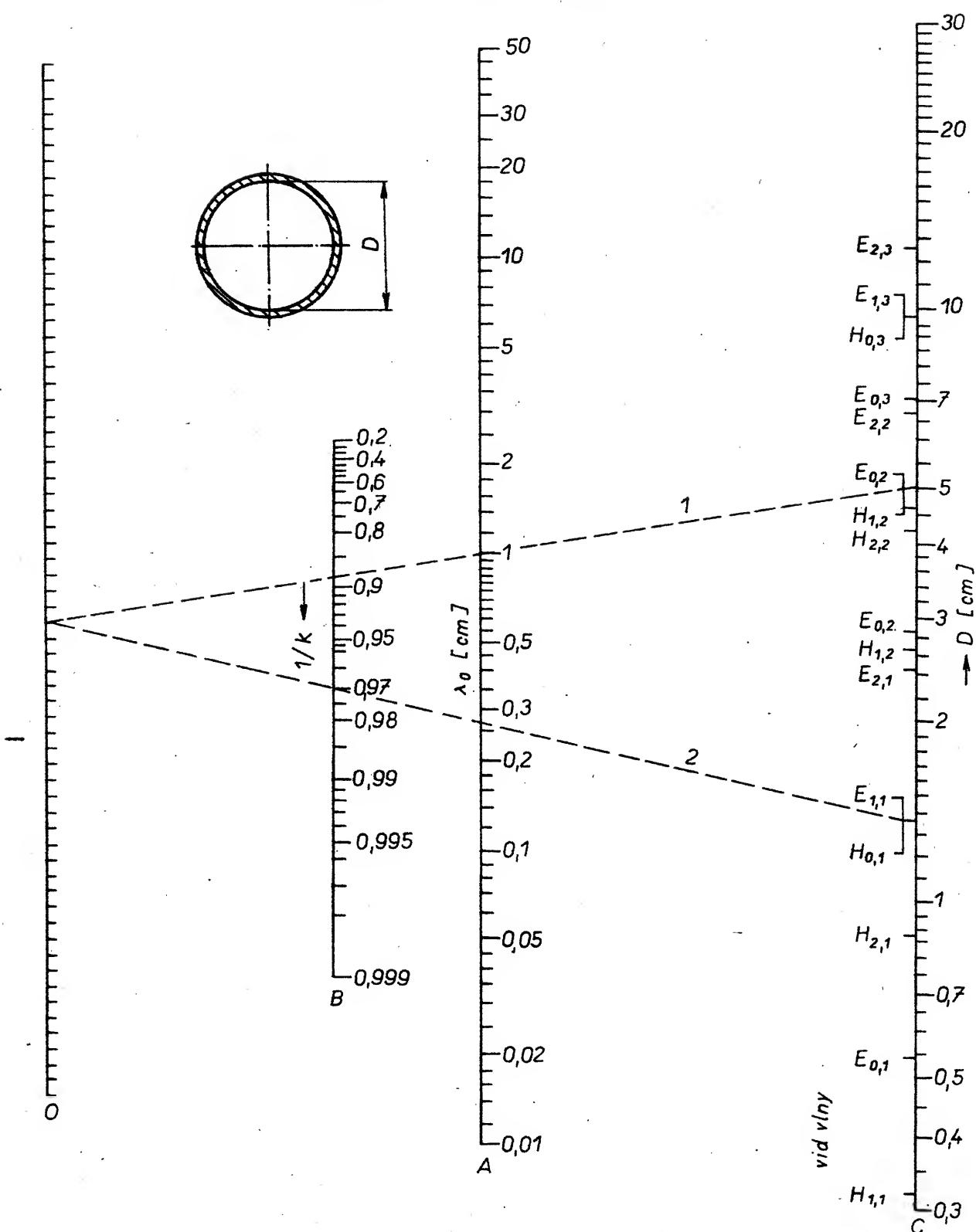
Nomogram určuje vlnovou délku v obdélníkovitém vlnovodu pro nejjednodušší a nejběžnější vlnu TE₀₁ (elektrický vektor vlnění je kolmý k rozmezru b). Na ose C vyneseme rozměr b [cm] a na ose A vlnovou délku λ_0 [cm] ve vzduchu. Spojnice obou bodů

vytne na ose B velikost koeficientu k a pak platí, že vlnová délka ve vlnovodu $\lambda_g = k \cdot \lambda_0$.

Pozn.: Pro $b = \lambda_0/2$ je vlnovod nepropustný (mezni vlnová délka λ_c).

Příklad: $b = 10$ cm, $k = 1,15$; $\lambda_g = 11,5$ cm.

Vlnová délka v kruhovitém vlnovodu (obr. 17)



Podobně jako v obdélníkovitém vlnovodu se v kruhovitém vlnovodu šíří různé vidy vln různou rychlostí.

Na rozdíl od obdélníkovitého vlnovodu jsou v kruhovitém vlnovodu dva důležité vidy, a to základní, nejčastěji používaný vid TE₁₁ (H₁₁) a vid TE₀₁ (H₀₁), který vykazuje se zmenšující se vlnovou délkou menší útlum. Proto je tento vid výhodný pro dálkové přenosy mikrovlnné energie. V nomogramu

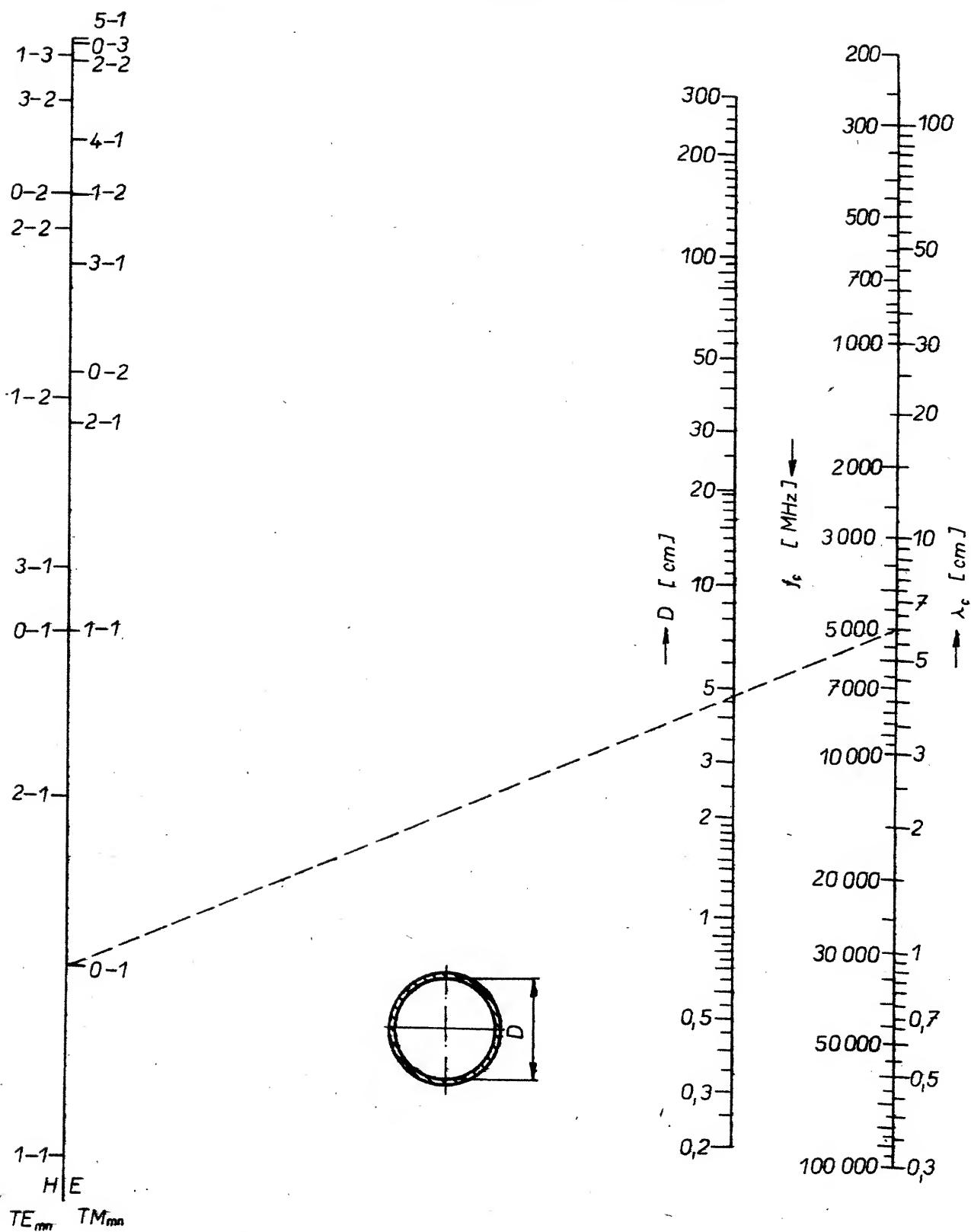
jsou vyznačeny ještě další vidy, které se však tak často nepoužívají.

Příklad: Pro vlnovou délku $\lambda_0 = 1 \text{ cm}$ a vlnovod o průměru $D = 5 \text{ cm}$ hledáme pro vlnu TE₀₁ (H₀₁) délku vlny λ_g ve vlnovodu. Na ose C spojíme bod $D = 5 \text{ cm}$ s bodem $\lambda_0 = 1 \text{ cm}$ na ose A. Spojnici vytne na pomocné ose O bod, který spojíme se zvoleným videm vlny TE₀₁

na ose C. Spojnice vytne na ose B velikost koeficientu $1/k = 0,97$, takže vlnová délka

$$\lambda_g = 1,0 / 0,97 = 1,03 \text{ cm.}$$

Mezní vlnová délka v kruhovitém vlnovodu (obr. 18)



Mezní vlnová délka (critical wavelength, Grenzwellenlänge) v kruhovém vlnovodu je dána složitějším matematickým vztahem, než je tomu u obdélníkovitého vlnovodu.

Na nomogramu (obr. 18) zjistíme mezní kmítocet, resp. mezní vlnovou

délku spojení údaje o průměru D [cm] vlnovodu a údaje o vidu použitého vlnení. Prodloužená spojnice pak vytne na ose pro f_c [MHz] údaj o mezním kmítocetu nebo mezní vlnové délce λ_c [MHz] (rozumí se ve volném prostoru).

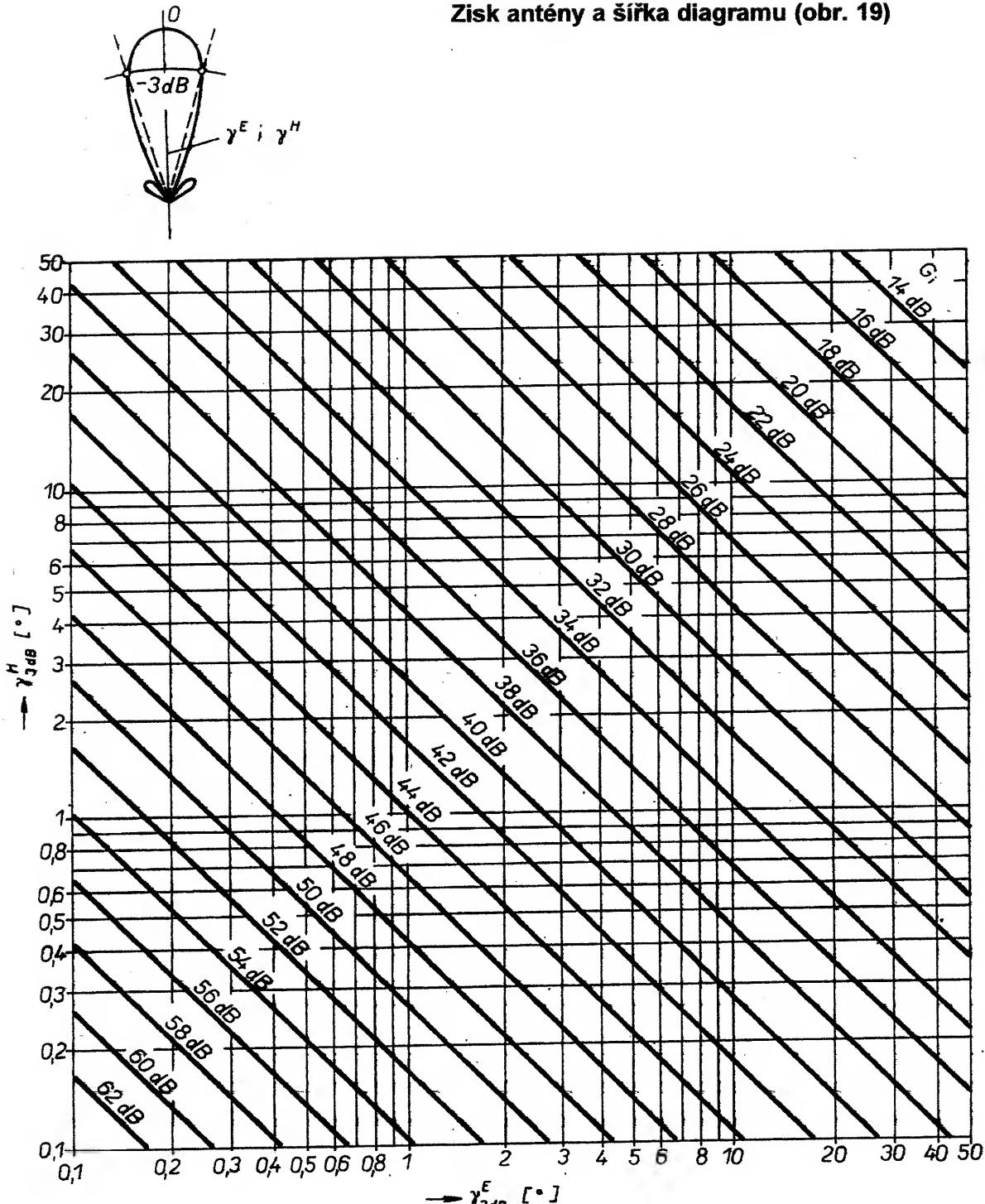
Literatura:

Southworth, G. C.: *Principles and Applications of Waveguide Transmission*. New York 1950.

Stratton, J. A.: *Teorie elektromagnetického pole*. SNTL: Praha 1961.

Příklad. Ve vlnovodu o průměru $D = 4,6$ cm se šíří vlna vidu TM_{01} až od kmítocetu $f_c = 5000$ MHz.

Zisk antény a šířka diagramu (obr. 19)



Přibližný zisk G_i antény (vůči izotropnímu zářiči) (antenna gain, Gewinn der Antenne) lze stanovit zjištěním šířky diagramu pro 3 dB, $\gamma_{3 \text{ dB}}^E$, $\gamma_{3 \text{ dB}}^H$ (viz též obr. 26) ve dvou na sebe kolmých rovinách E a H (např. vertikální a horizontální). Větší přesnosti se dosáhne při znalosti šířky diagramu z několika dvojic řezů diagramem a stanovení průměrné velikosti.

Pozn. 1: Získané údaje jsou proti skutečnosti spíše menší.

Pozn. 2.: Směrové vlastnosti antén hodnotíme tzv. absolutním činitelem směrovosti, který lze určit vztahem

$$S_a = 4\pi A_e / \lambda^2,$$

kde A_e je tzv. efektivní plocha ústí antény. Absolutní činitel směrovosti S_a

udává, kolikrát se zvětší intenzita elektromagnetické energie ve směru záření směrové antény, připojime-li zdroj místo k izotropnímu zářiči (vyzařujícímu do všech směrů prostoru rovnoramenně) k dané směrové anténě.

Pro mikrovlnné antény trachytovité a reflektorové lze efektivní plochu ústí vyjádřit přímo geometrickou plochou ústí antény. U jiných typů antén jde o výrazně složitější. Tak např. pro rotační parabolický reflektor je absolutní činitel směrovosti dán vztahem

$$S_a = \eta(\pi D/\lambda)^2,$$

kde D je průměr ústí reflektoru a η koeficient, závislý na rozložení elektromagnetického pole podél plochy ústí. Tento koeficient se nazývá účinnost ozáření ústí ($\eta < 1$).

Kromě absolutního činitela směrovosti se v praxi používá i veličina, nazývaná zisk antény, G_i . Zisk je činitel směrovosti, naměřený na reálné anténě, u níž se projevují různé přídavné ztráty přenášené energie, reprezentované koeficientem $k < 1$.

Platí

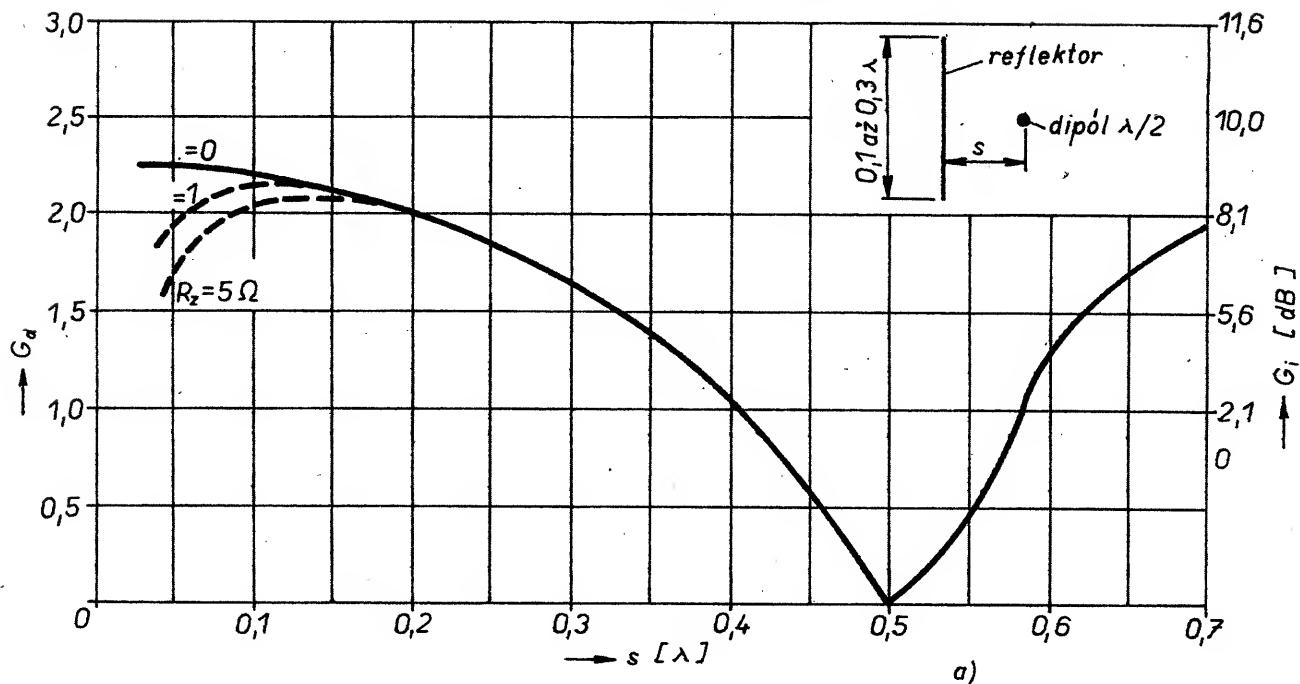
$$G_i = k \cdot S_a,$$

nebo

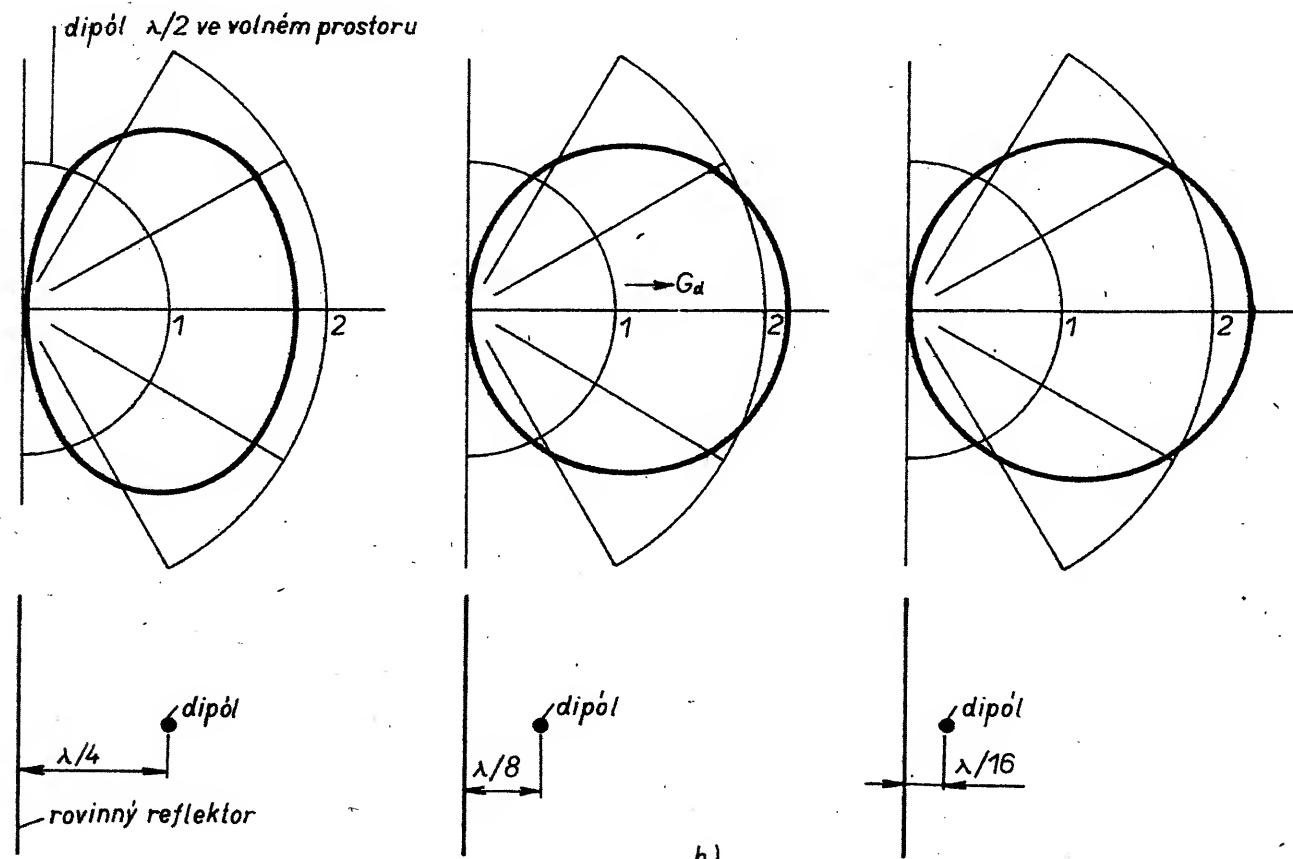
$$G_i = 10 \log (k \cdot S_a) [\text{dB}].$$

Mezi anténnou přijímací a vysílací platí tzv. princip reciprocity, tj. že anténa vysílací je bez změny i anténonou přijímací a naopak.

Dipól před odraznou stěnou (obr. 20a,b)



a)



b)

Nejjednodušší směrovou anténou je půlvlnný dipól před odraznou stěnou, umístěný ve vhodné vzdálenosti s . Zisk tohoto uspořádání vůči zisku G_d půlvlnného dipólu (v násobcích intenzity pole), popř. vůči zisku G_i [dB] izotropního zářiče je značně ovlivněn vzdáleností půlvlnného dipólu od re-

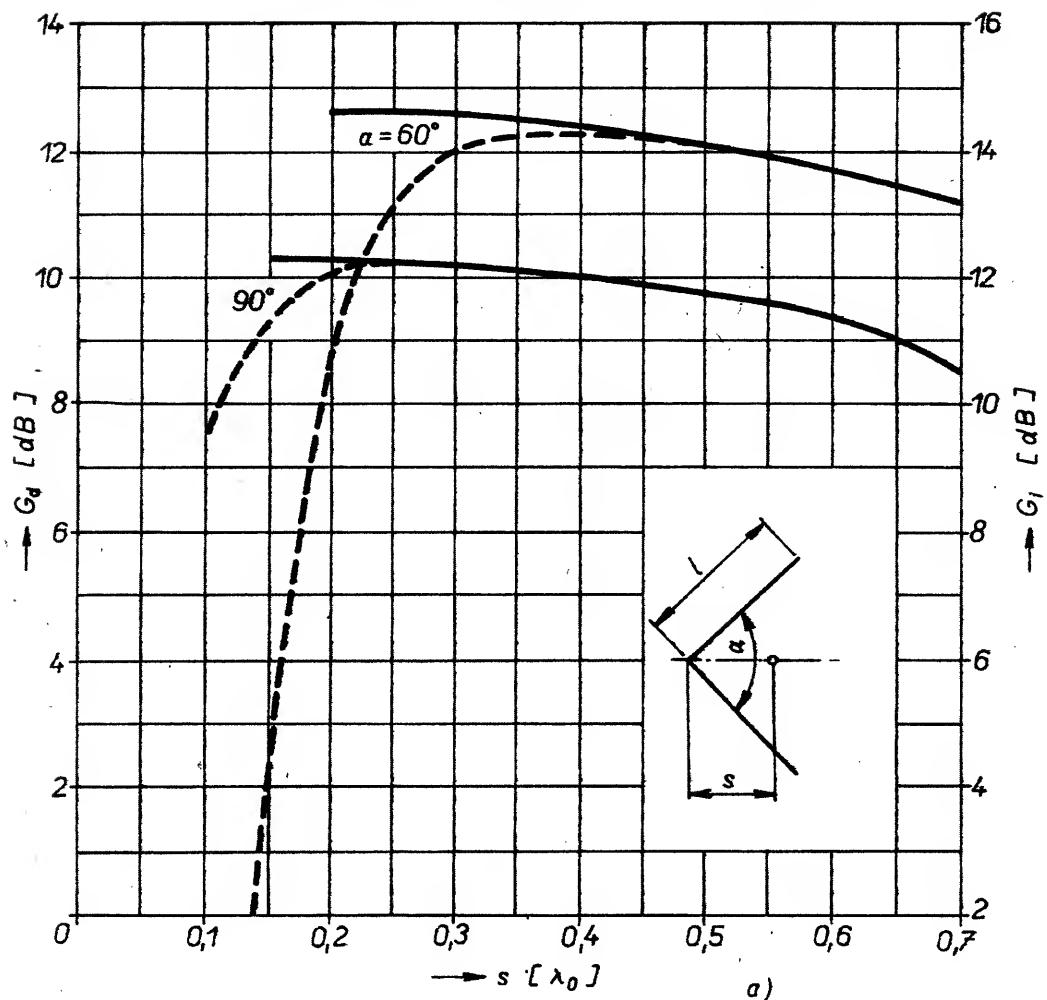
flektoru, jak ukazuje teoretická křivka na obr. 20a. Ukazuje se, že velmi malá vzdálenost s se dá použít jen pro malé ztrátové odpory soustavy (dokonale vodičová odrazená stěna, reflektor, malý ztrátový odpór vodiče dipólu) s tím, že šířka přenášeného pásma bude malá. S větší vzdáleností s je zisk menší, avšak zvětšuje se šířka pásma. Za předpokladu, že ztrátový odpór $R_z = 1 \Omega$, je optimální vzdálenost $s = 0,125\lambda$.

Diagramy záření soustavy jsou na obr. 20b pro vzdálenosti $s = 1/4; 1/8 a 1/16 \lambda$. Vstupní odpór dipólu $\lambda/2$ najdeme na obr. 21b pro úhlový reflektor ($\alpha = 180^\circ$).

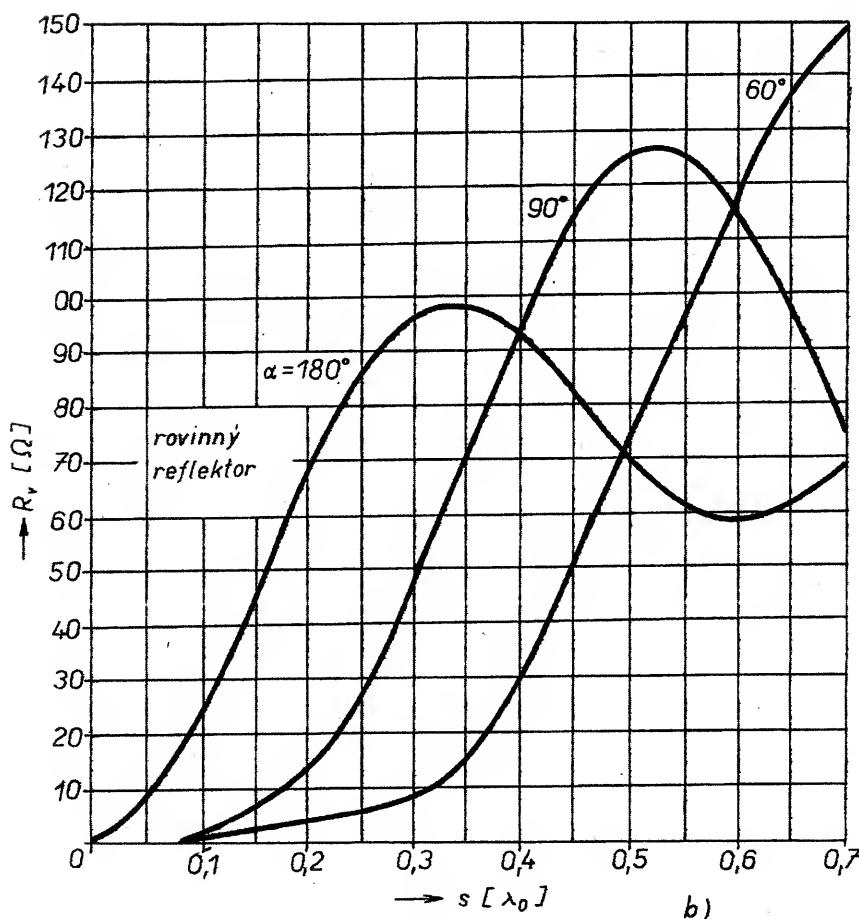
Literatura:

Kraus, J. D.: *Antennas*. McGraw-Hill Book Co.: New York 1988.

Úhlový reflektor s dipólem $\lambda/2$ (obr. 21a, b)



a)



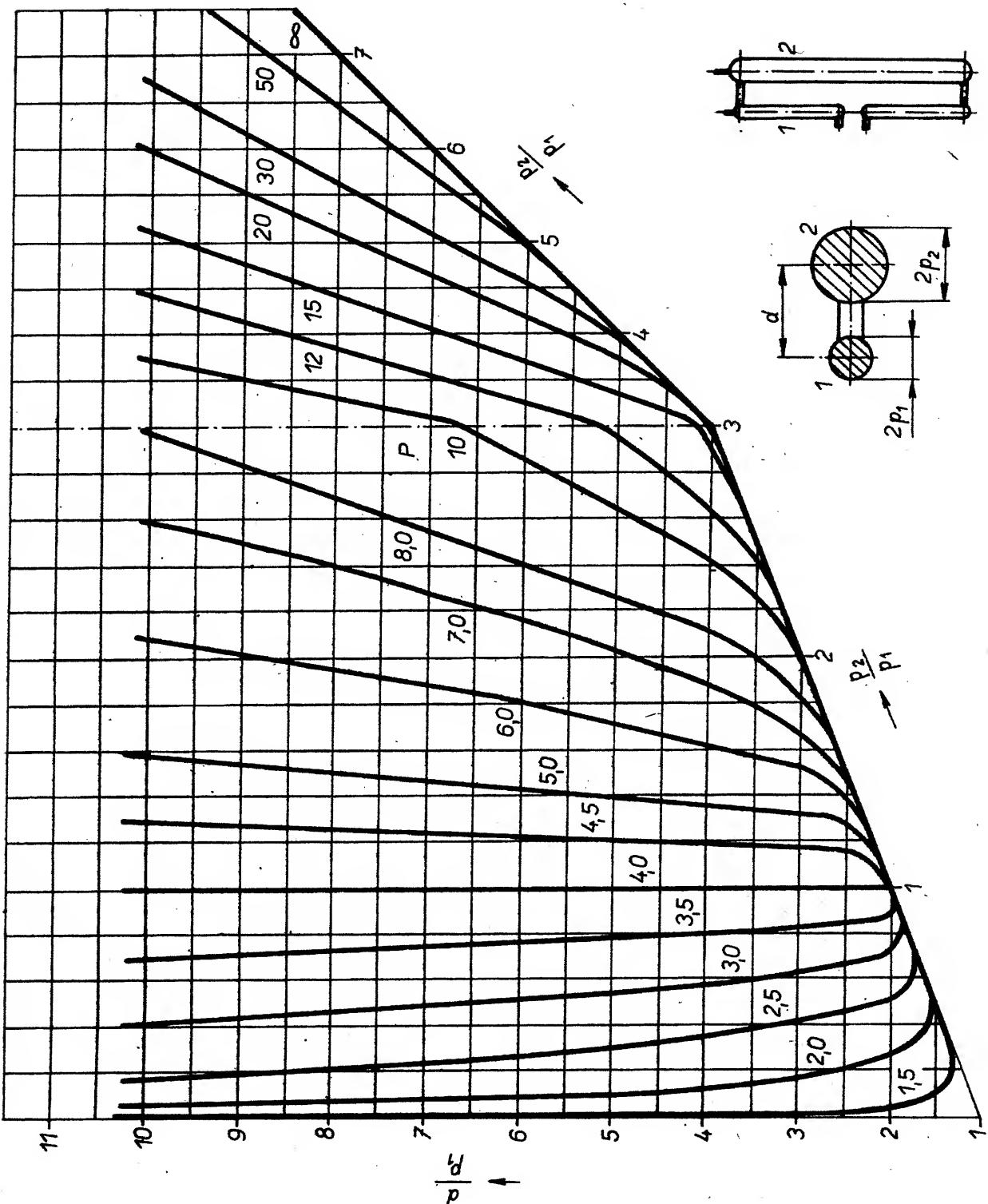
b)

Úhlový reflektor (corner reflector, Winkelreflektor) vznikne po složení plochého reflektoru s rameny pod úhlem α . Teoretický zisk G_d této soustavy vůči zisku půlvlnného dipolu je vynesen na obr. 21a pro různé úhly α , různou vzdálenost s a pro nekonečně velké odrazené stěny. Čárkováné označené křivky jsou pro ztrátový odpor $R_z = 1 \Omega$. Vstupní odpor R_v dipolu soustavy je pro různé vzdálenosti s a pro různé úhly α vynesen na obr. 21b. Vidíme, že pro vzdálenost $s = 0,35\lambda$ a $\alpha = 90^\circ$ je odpor dipolu $\lambda/2$ stejný jako ve volném prostoru.

Nejběžněji se volí úhel $\alpha = 90^\circ$, $s = 0,25$ až $0,7\lambda$ a délka l ramena $l = 1,4$ až $2s$.

Pozn. Ke zmenšení odporu vůči větru lze stěny reflektoru konstruovat z paralelních vodivých tyčí (rovnoběžných s vodiči dipolu). Vzájemnou vzdálenost mezi tyčemi volíme obvykle $\lambda/8$ nebo menší. Délka tyčí by měla být $0,7\lambda$ nebo větší.

Skládaný dipól s nestejně tlustými vodiči (obr. 22)



Skládaný dipól (folded dipol, Fall-dipol) s celkovou délkou $\lambda/2$ má, jak je známé, vstupní odpor přibližně 280Ω , tedy čtyřnásobek vstupního odporu 70Ω jednoduchého dipolu.

Této transformační vlastnosti lze využít též tam, kde má původní dipol jiný vstupní odpor, jako je tomu např.

tehdy, použije-li se dipól jako budíci prvek anténní řady. Tehdy lze použít skládaný dipól s nestejnými vodiči jako transformátor a podle grafu na obr. 22 je snadné stanovit transformační poměr P .

Příklad. Impedance naměřená na svorkách dipolu $\lambda/2$, napájejícího složitou anténní soustavu, je v okolí 30Ω . Je ji třeba transformovat na 300Ω (vlnový odpor drátové dvoulinky). Transformační poměr

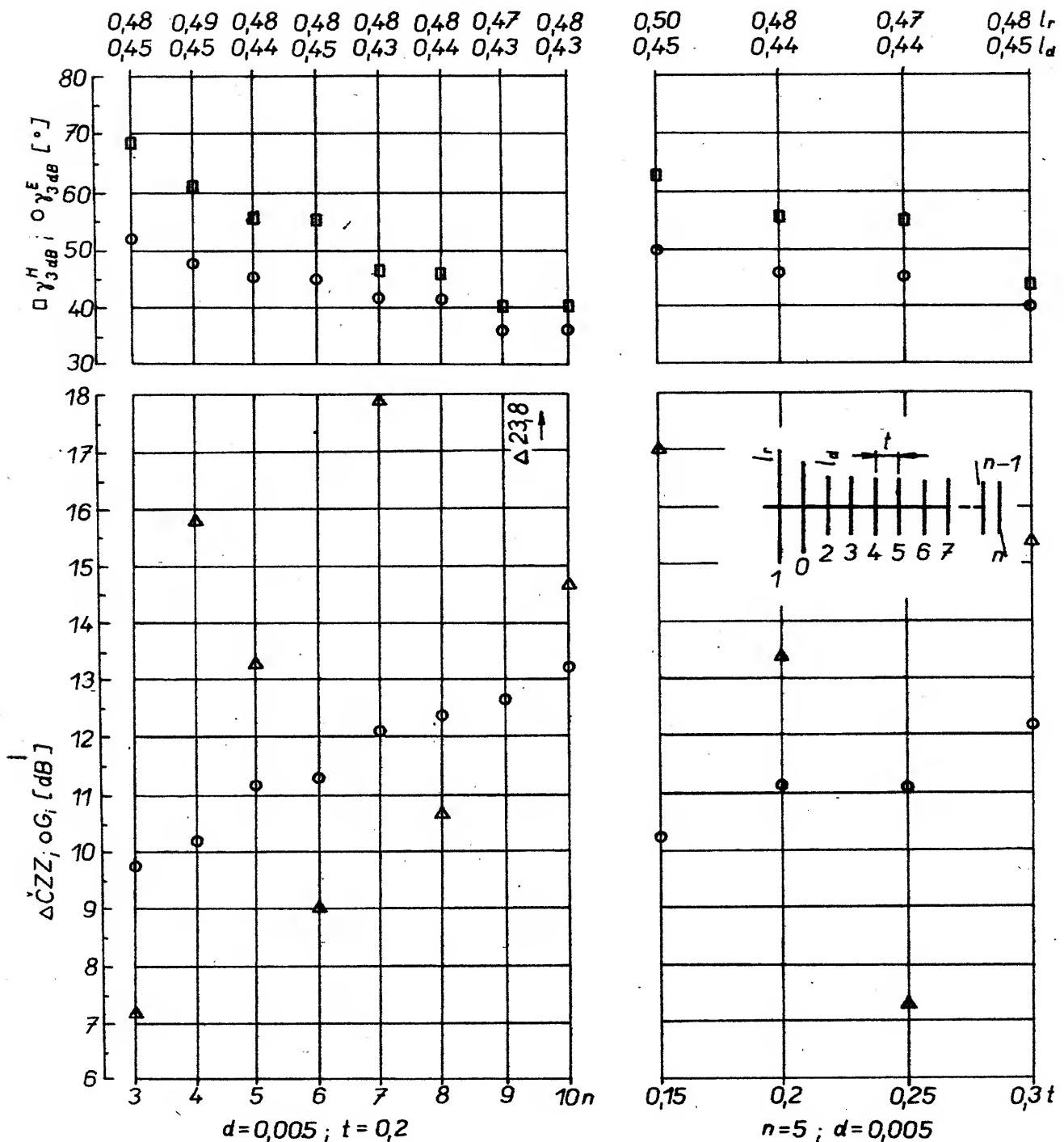
je tedy $P = 10$. Použijeme-li pro napájený vodič skládaného dipolu trubky o $\varnothing 5 \text{ mm}$, pak druhý vodič bude mít $\varnothing 15 \text{ mm}$ a bude od napájeného vodiče osově vzdálen $d = 6,75 \times 2,5 = 16,875 \text{ mm}$.

Literatura:

Mushiake, Y.: An Exact Step-up Impedance Ratio Chart of a Folded Antenna. IRE Trans, sv. AP-3, říjen 1954.

Caha, Procházka: Antény. SNTL: Praha 1956.

Anténa „Yagi - Uda“ (obr. 23)



Anténa Yagi - Uda se skládá z napájeného prvku (laděný dipól $\lambda/2$ nebo skládaný dipól), poněkud delšího refektoru a jednoho nebo několika kratších pasivních prvků, direktorů. Všechny prvky jsou uspořádány do jedné roviny, vzájemně rovnoběžně. Pasivními prvky jsou jednoduché rovnoběžné kovové tyče, které, pokud jsou navzájem vhodně vzdáleny a nastaveny na správnou délku, zajišťují, že celá řada vyzařuje (přijímá) podle anténního diagramu ve směru osy od refektoru ke kratším direktorům.

Na grafu (obr. 23) jsou uvedeny závislosti hlavních elektrických parametrů na mechanických rozměrech

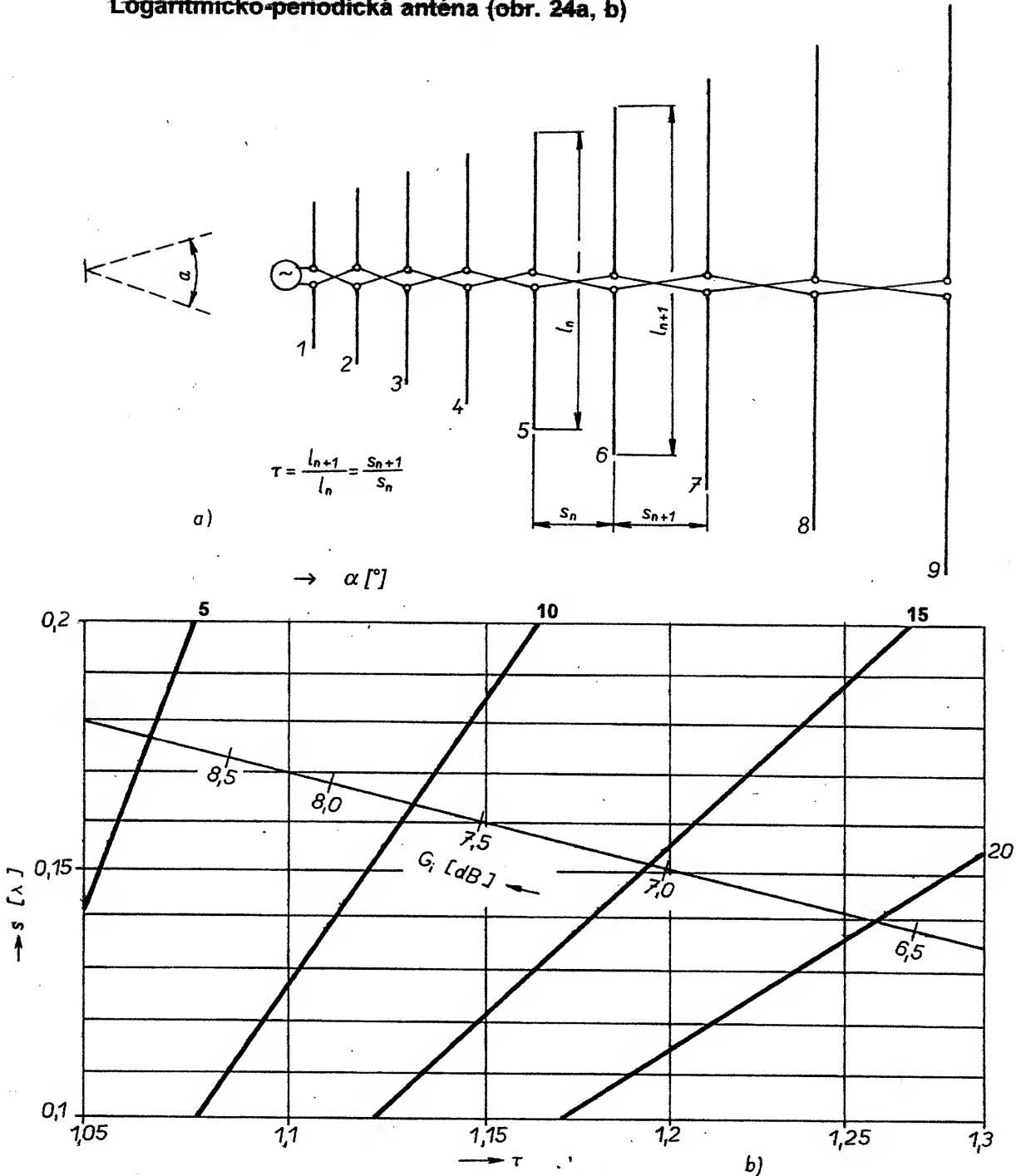
tzv. uniformní antény Yagi, u níž jsou všechny vzájemné vzdálenosti t všech prvků stejné, všechny direktory mají stejnou délku l_d a všechny vodiče stejný průměr d . Reflektor s délkou l_r je o něco delší a napájený půlvlnný dipól je, pokud jde o jeho délku, nastaven na rezonanci. Údaje uvedené v grafu jsou teoretické, získané výpočtem, experimentálně jsou však ověřené a to s dobrou shodou s teoretickými výpočty.

Uvedené závislosti jsou vybrány z rozsáhlého souboru dalších závislostí jednotlivých parametrů. Zásadně lze říci, že údaje o zisku G_i a o „třidecibelové“ šířce hlavního laloku diagra-

mu ($\gamma_{3 \text{ dB}}^E, \gamma_{3 \text{ dB}}^H$) v rovině E a H mají monotonní průběh v závislosti na počtu prvků a na vzdálenosti t prvků. Činitel zpětného záření, CZZ (tzv. předozadní poměr), úroveň postranních laloků, hloubka minim mezi laloky jsou velmi citlivé na parametry l_r, l_d, n, t a d a v praxi se musí experimentálně nastavit vždy podle dílčích požadavků. Totéž platí i o širokopásmovosti provozu.

Všechny délkové míry jsou v grafech uváděny ve zlomcích vlnové délky.

Logaritmicko-periodická anténa (obr. 24a, b)



Logaritmicko-periodická anténa (log-periodic antenna, logaritmisch-periodische Antenne) je struktura, jejíž geometrie je volena tak, že se elektrické vlastnosti musí opakovat periodicky s logaritmickým kmitočtem. Na základě této geometrie může anténa pracovat v libovolně širokém kmitočtovém pásmu.

Existuje nekonečné množství variací logaritmicko-periodických struktur. Velmi jednoduchý typ této antény je na obr. 24a. Postupně se rozpinající anténní řada vyzařuje (přijímá) účinně, jsou-li prvky řady - dipoly - blízko rezonance, takže se změnou kmitočtu se aktivní oblast na anténě pohybuje podél anténní řady.

Délky l dipólů se prodlužují postupně podél antény, přičemž úhel α zůstává konstantní. Délky l a vzájemné vzdálenosti s prvků jsou vázány poměrem

$$l_{n+1}/l_n = s_{n+1}/s_n = \tau,$$

kde τ je konstanta. Tento vztah určuje též tzv. kvocient geometrické řady, odtud tedy název geometrická anténní řada.

Při vlnové délce poblíž středu pracovního pásmá je v činnosti střední část antény (prvky 4 až 6), jejichž délka je v okolí $\lambda/2$. Délka prvků 7, 8 a 9 je v okolí celé vlnové délky, takže prvky „nesou“ jen malé proudy a nezáčastňují se činnosti antény (představují indukční zátěž antény). Prvky 1, 2 a 3 jsou kratší než $\lambda/2$ (představují kapacitní zátěž), jejich proudy jsou též malé a stejná je i jejich činnost. Zvětší-li se vlnová délka, posune se činnost antény k delším prvkům a naopak. Maximum záření antény je však stále ve směru osy antény.

Pro geometrickou řadu platí, že délka l (a rozteč s) pro jakýkoli prvek $(n+1)$ je τ^n krát větší, než pro prvek č. 1, tj.

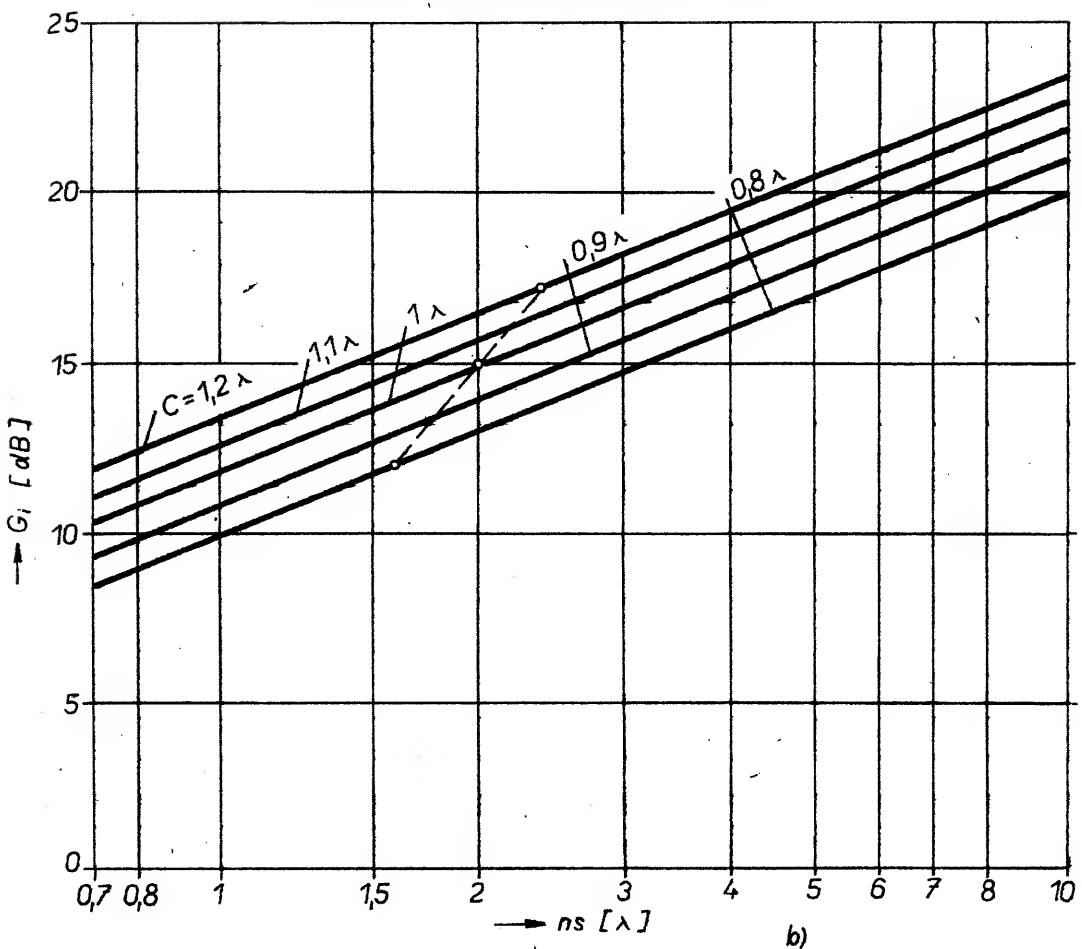
$$l_{n+1}/l_1 = \tau^n = F,$$

kde F je kmitočtový poměr, neboli šířka pracovního pásmá.

Příklad. Požadujeme zisk antény $G_i = 6,5 \text{ dB}$, a šířku pracovního pásmá 4:1. Podle obr. 24b odpovídá bodu 6,5 dB_i na čáře optimálního návrhu $\alpha = 22^\circ$ a $t = 1,75$ ($s = 0,14\lambda$). Pro $\tau^n = F$ určíme n logaritmováním předešlé rovnice, takže

$n = \log F / \log \tau = 0,602 / 0,243 = 2,5$, upravíme $n = 3$ a $n+1 = 4$. V praxi je vhodné přidat 1 až 2 prvky, takže $n = 6$.

Šroubovicovitá anténa (obr. 25a, b)

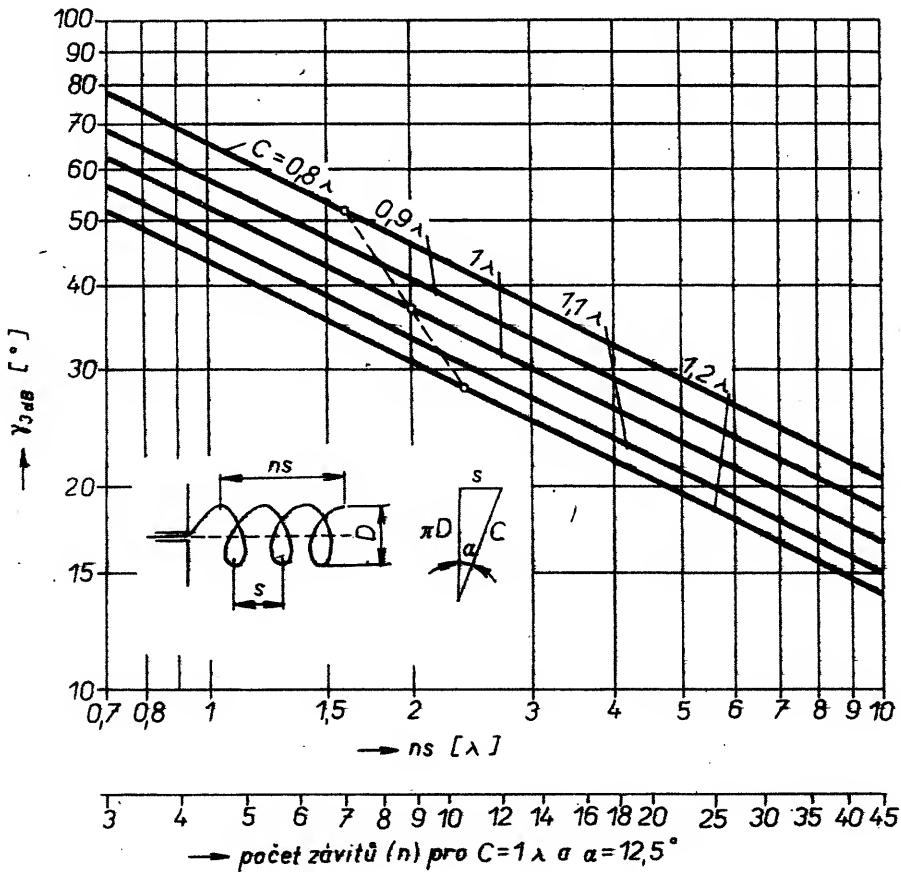


Šroubovicovitá anténa (helical antenna, Spiralantenne, Wendelantenne) pracující v tzv. osovém vidu vyzařuje nebo přijímá kruhově polarizované vlnění, jehož smysl polarizace je dán smyslem vinutí šroubovice (tj. levotočivě či pravotočivě).

Pracovní šířka kmitočtového pásmá je v osovém vidu 1,7:1, v tomto pásmu se „třidecibelová“ šířka hlavního laloku pohybuje v rozmezí 30 až 60 ° a vstupní impedance je 100 až 500 Ω. Zisk, zjištěný z grafu, je zisk vůči izotropnímu zářiči s kruhovou polarizací. Při návrhu antény se obvykle držíme optimální oblasti, vyznačené na obou grafech čárkovaně. Závity se doporučuje realizovat pokud možno samonosně nebo s lehkou podpůrnou konstrukcí. Vinout šroubovici na válec z dielektrického materiálu se nedoporučuje.

Pozn. Zisk (lineárně polarizovaného) půlvlnného dipálu vůči izotropnímu zářiči je 2,15 dB. Při příjmu kruhově polarizované vlny vzniká ztráta asi kolem 3 dB, takže zisk G_i šroubovicovité antény je oproti zisku půlvlnného dipálu o 0,85 dB menší.

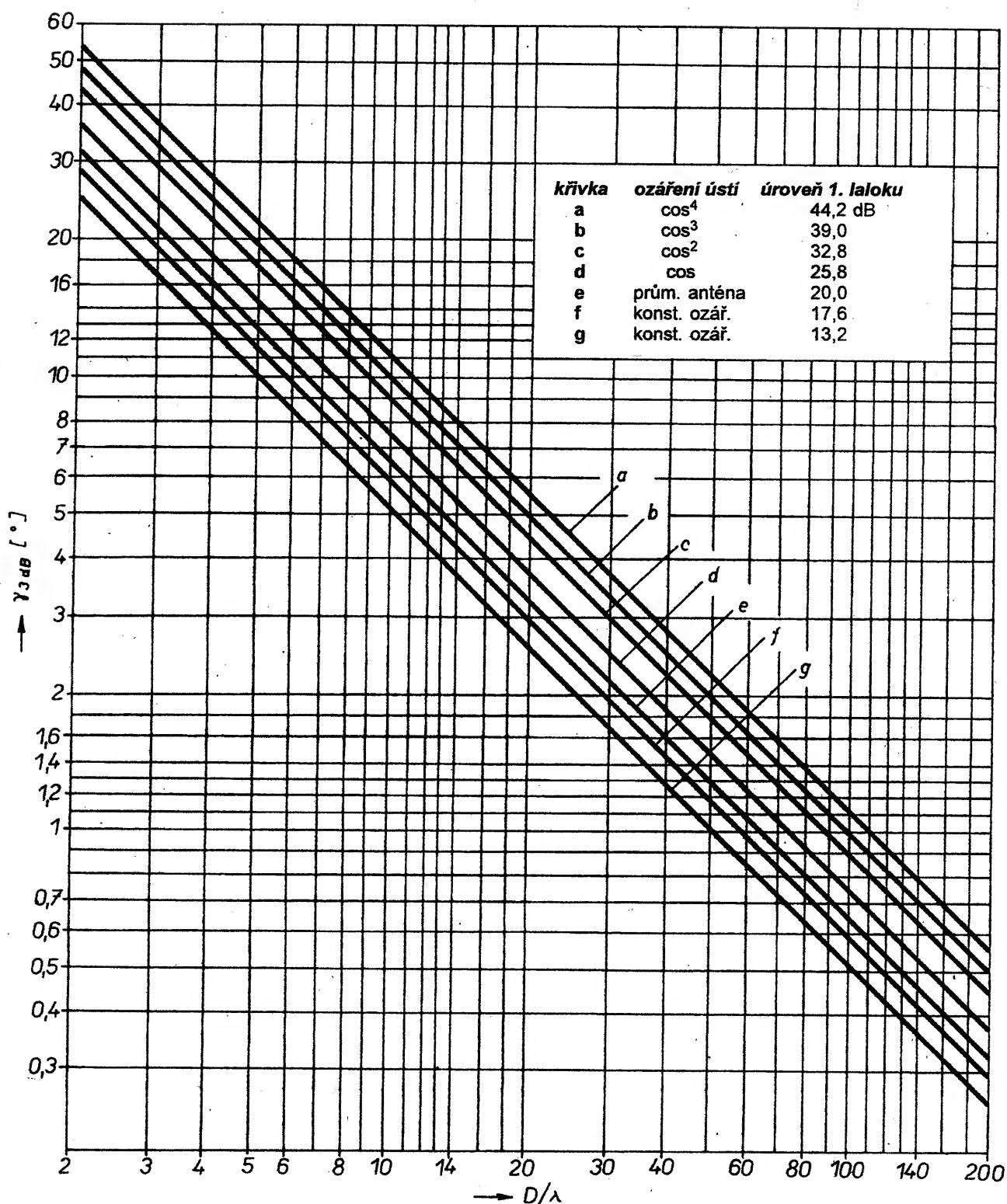
Příklad. $n = 9$, $\alpha = 12,5^\circ$, $C = 1\lambda$; $\gamma_{3dB} = 37^\circ$, $G_i = 15$ dB.



a)

B4
95

Ústí antény a šířka diagramu (obr. 26)



Úhel γ_3 dB, vyznačený body polovičního výkonu ($0,5P_{\max}$), na hlavním laloku výkonového diagramu záření antény (viz též obr. 19) s rozměrem ústí D , nebo body $0,707U_{\max}$ na napěťovém diagramu záření nazýváme úhlem polovičního výkonu (halfpower

beam width, Halbwertsbreite), též „třídecibelová“ šířka diagramu.

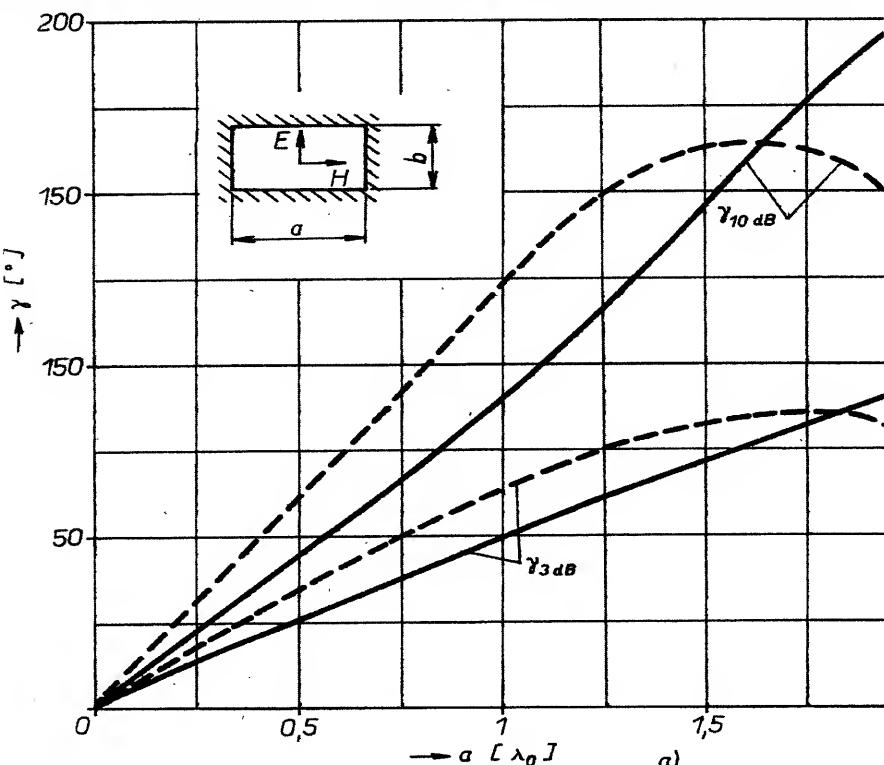
Křivky a až f platí pro kruhovité nebo eliptické ústí, křivka g platí pro pravoúhlé ústí. Ozářením ústí se rozumí rozložení intenzity elektromagnetického pole v ústí antény tak, že maximum intenzity je v ose antény kolmě k ústí a pokles směrem k okraji ústí se řídí podle uvedené funkce. U eliptického ústí jde o kompromis ozá-

ření ve dvou na sebe kolmých rovinách.

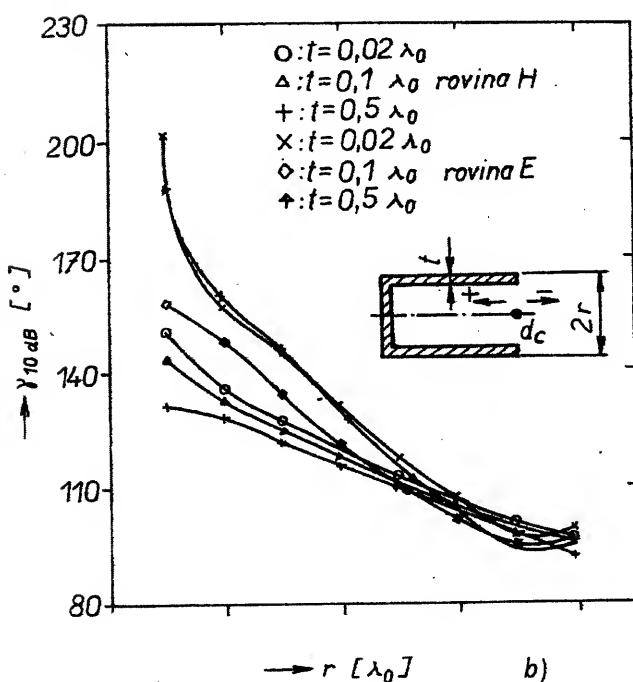
Rozměry D a λ jsou ve stejných jednotkách.

Příklad. Průměr reflektoru satelitní antény ($\lambda = 2,5$ cm) $D = 60$ cm. Předpokládejme průměrnou kvalitu antény, použijeme tedy křivku e. Pro $D/\lambda = 24$ přečteme $\gamma_{3dB} = 2,5^\circ$. Z grafu na obr. 19 stanovíme, že přibližný zisk této antény je 37 dB.

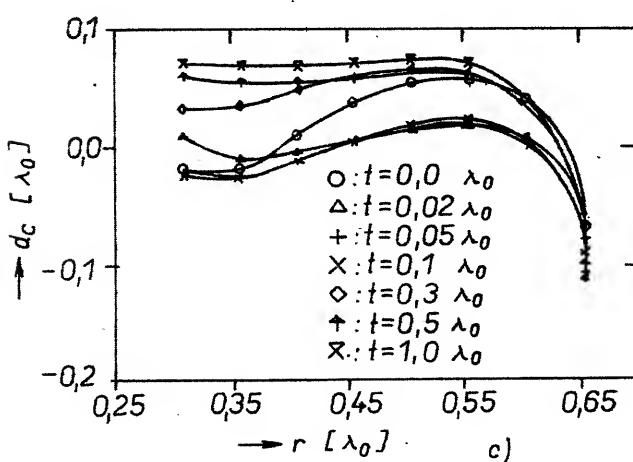
Diagram ústí vlnovodu obdélníkovitého a kruhovitého tvaru (obr. 27a, b, c)



a)



b)



c)

Vyzařování základního vidu TE_{01} z ústí obdélníkovitého vlnovodu předpokládá, že rozměry ústí splňují tyto podmínky: $a < \lambda_0 < 2a$, $2b < \lambda_0$. Křivky na obr. 27a udávají šířky hlavních laloků diagramu záření v rovinách elektrického vektoru E (—) a magnetického vektoru H (---) pro šířku jednak -10 dB a jednak -3 dB diagramu ($\gamma_{10} dB$, $\gamma_3 dB$).

Vyzařování základního vidu TE_{11} z ústí kruhovitého vlnovodu (obr. 27b, c) předpokládá, že průměr $2r$ ústí splňuje podmínu $0,3\lambda_0 \leq r$, $r \leq 0,65\lambda_0$, tloušťka stěny vlnovodu ($0 \leq t \leq 1$) λ_0 . Pro poloměry r blízké uvedeným mězím se zvětšuje podíl křížové polarizace vlnění. Křížová polarizace bude nejvíce potlačena pro $r = 0,6\lambda_0$.

Použije-li se kruhovitý vlnovod jako primární zářič pro parabolický reflektor, je vhodné znát fázový střed d_c vyzařování. Kladné velikosti d_c značí zasunutí fázového středu do vlnovodu a naopak.

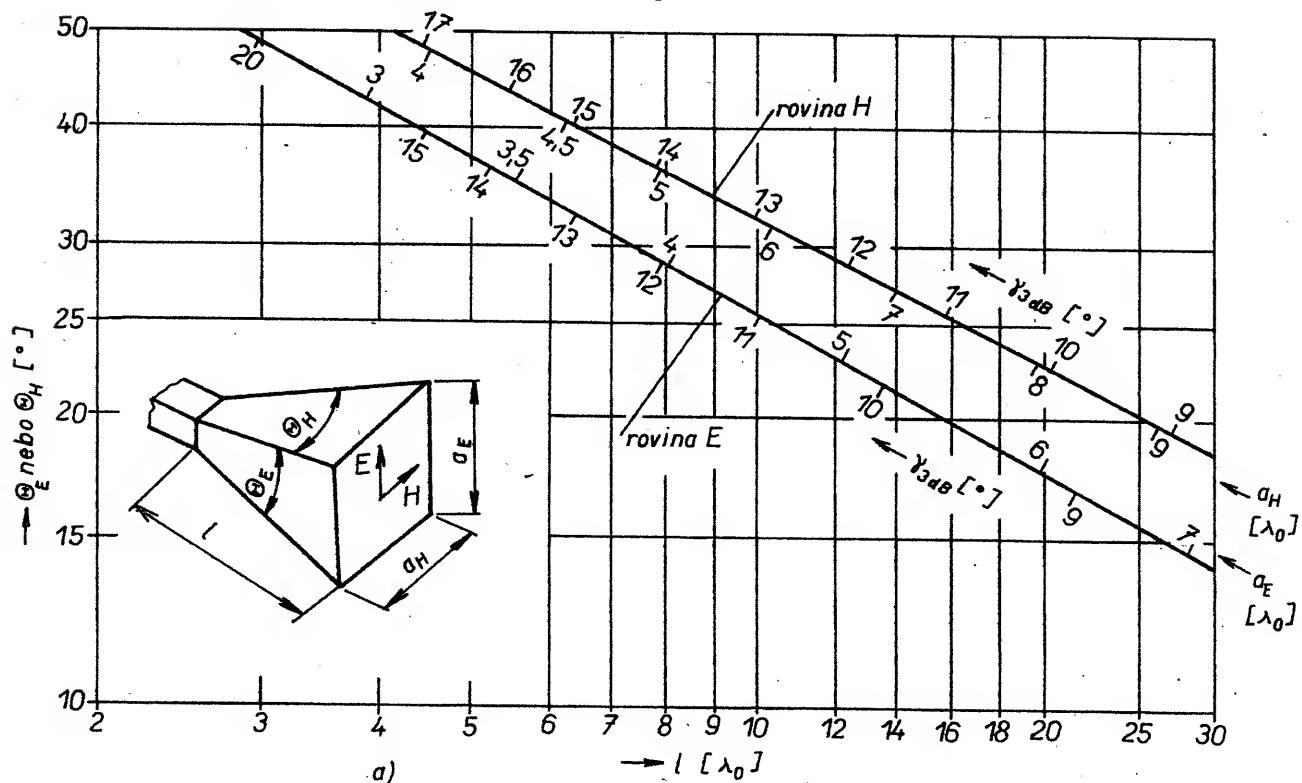
Literatura:

Silver, S.: *Microwave Theory and Design*. McGraw-Hill Book Co.: New York 1949.

Shafai, L.; Kishk, A.: *Phase center of small primary feeds and its effects on the feed performance*. IEE Proc. sv. 132, 1973, část H, s. 207-214.

Ludwig, G. L.: *The definition of cross-polarisation*. IEEE Trans. 1973, AP-21, s. 116-119.

Diagram trychtírovité antény (obr. 28a, b)



Trychtírovitá anténa (horn antenna, Hornantenne) je ústí vlnovodu rozšířené tak, aby se především vytvořilo větší antennní ústí a tím dosáhlo většího zisku antény, ovšem při zajištění co možno rovinné vlnoplochy v ústí trychtýře.

Existuje řada typů trychtírovitých antén, nejběžnější je jehlanovitý trychtíř. V praxi nelze jednoduše zajistit rovinnost vlnoplochy v ústí antény - nejjednodušší je navrhnout délku / trychtíře dosti velkou tak, aby úhel otevření Θ_E , Θ_H byl kolem $\Theta = 20^\circ$.

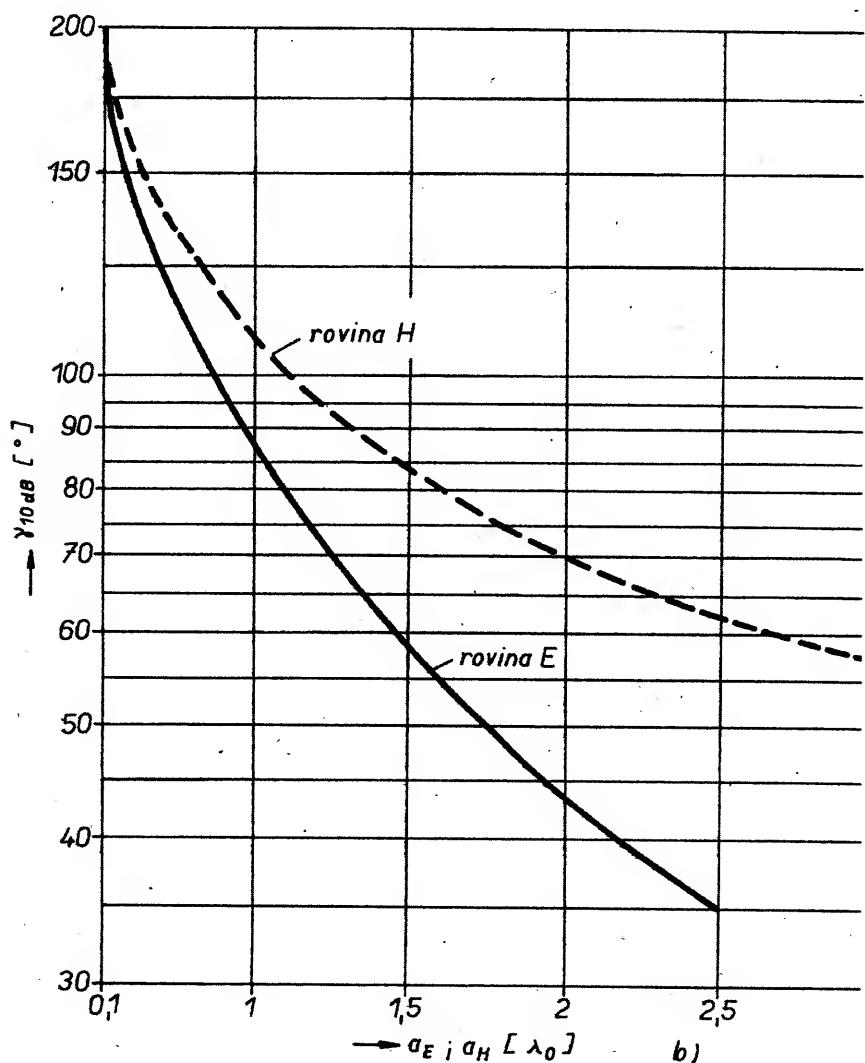
Na obr. 28b je vyznačena závislost šířky diagramu 10 dB jehlanovitého trychtíře ($\Theta = 20^\circ$) na rozměrech a_E , a_H ústí a to jak pro rovinu E, tak pro rovinu H.

Obr. 28a uvádí optimální rozměry trychtírovité antény pro obě roviny E a H v závislosti na úhlech otevření Θ_E nebo Θ_H a délce trychtíře l . Současně jsou uvedeny příslušné rozměry a_E a a_H ústí a dosažené šířky diagramů pro 3 dB. Pro činnost antény v širším kmitočtovém pásmu je vhodné navrhnut rozměry pro nejvyšší kmitočet pásmu.

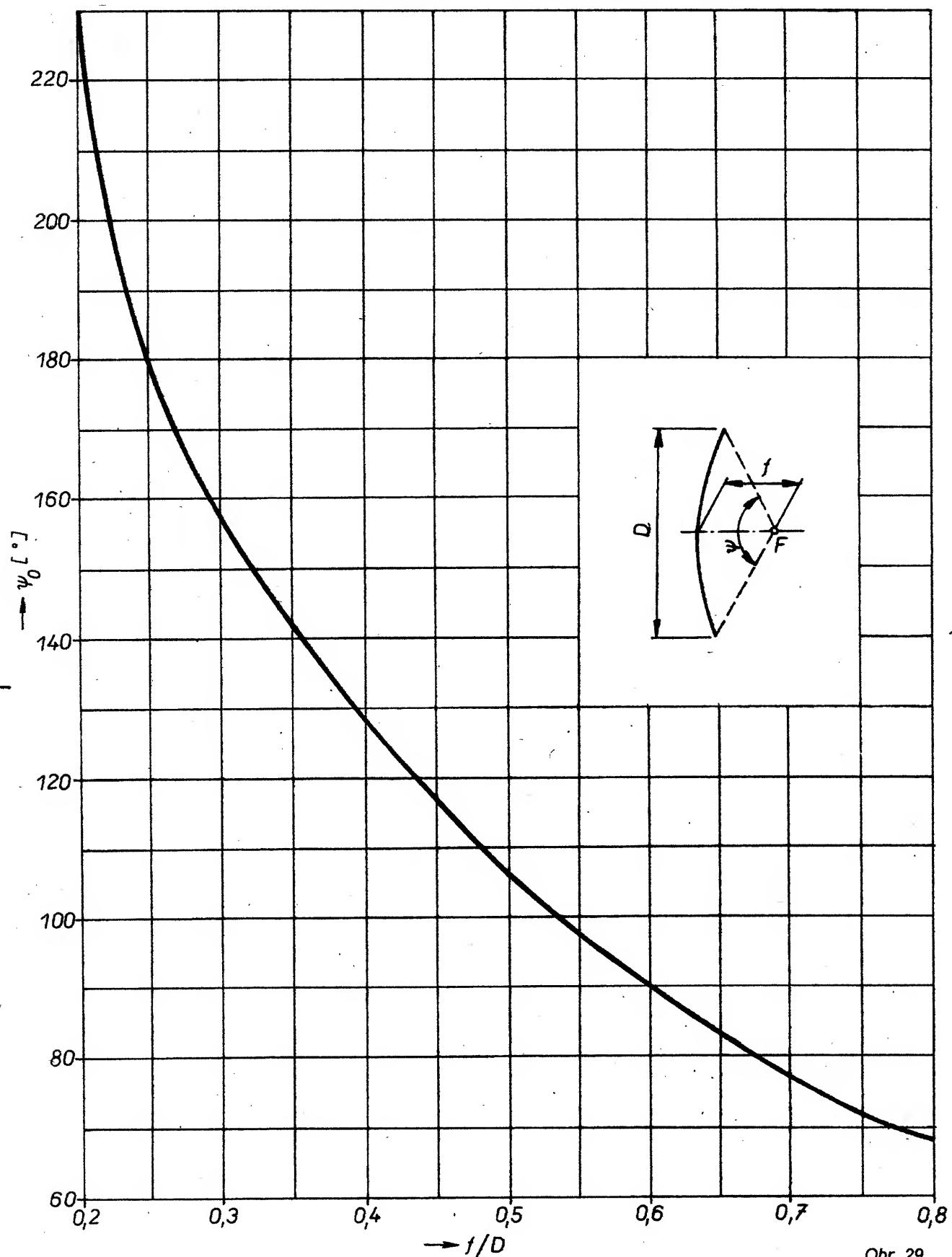
Přibližný vzorec pro zisk jehlanovité trychtírovité antény je

$$G_i = 10 \log(7,5 a_E^E \lambda \cdot a_H^H \lambda).$$

Příklad: Volíme $l = 10\lambda$, $\gamma_{3 \text{ dB}}^E = 11^\circ$, $\gamma_{3 \text{ dB}}^H = 13^\circ$; $a_E = 4,5 \lambda$, $a_H = 5,8 \lambda$, $G_i = 22,9 \text{ dB}$.



Parabolický reflektor I, II, III (obr. 29, 30a, b, c, d, 31)



Obr. 29.

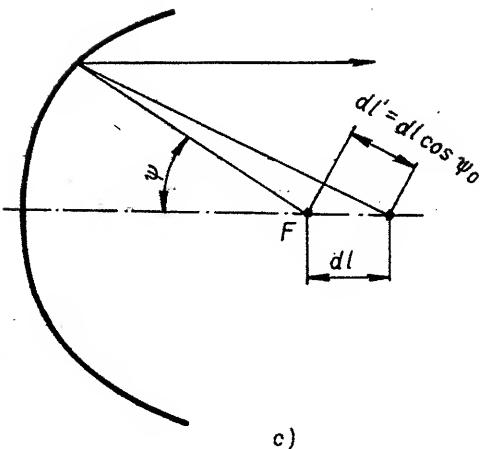
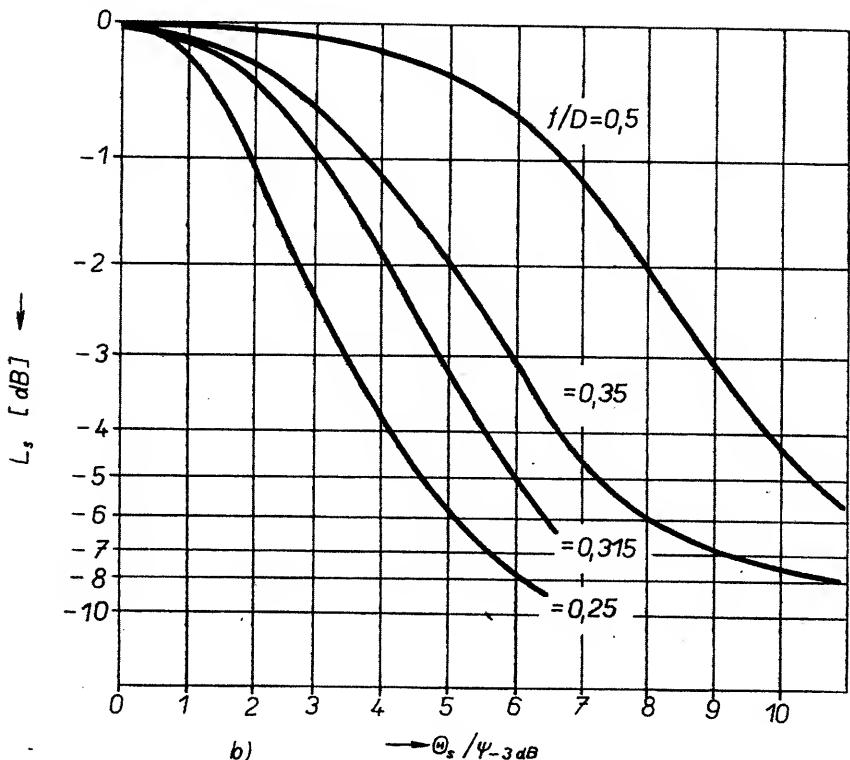
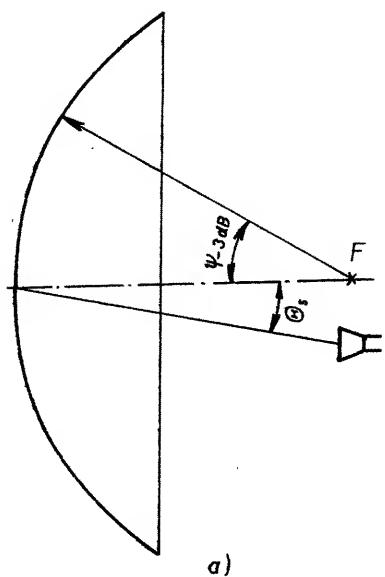
Napáječ (primární zářič) u rotačního parabolického reflektoru o průměru D se umisťuje do ohniska F tak, aby fázový střed primárního diagramu ležel v ohnisku reflektoru. Úhel ozáření reflektoru ψ_0 se určí z obr. 29,

v němž je vynesena závislost úhlu ψ_0 na poměru ohniskové vzdálenosti f a průměru D paraboloidu.

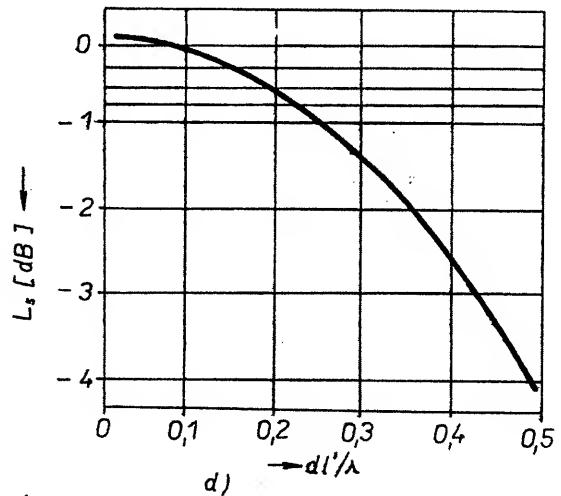
Nesprávná poloha primárního zářiče vzhledem k ohnisku způsobí fázovou chybu u ústí reflektoru, což může

vést ke ztrátě na zisku antény (obr. 30a). Předpokládejme odchylku d_z umístění primárního zářiče. Zůstane-li

Parabolický reflektor II



Obr. 30a až 30d.



směr maxima záření primárního diagramu rovnoběžný s osou ohniska a je-li $d_z/\lambda \ll 1$, neodchylí se směr maxima diagramu antény a zisk antény se podstatně nezmění. Jestliže se při posuvu d_z navíc pootočí úhel maxima o úhel

$$\Theta_S = \arctg (d_z/f),$$

pak se maximum diagramu antény odchylí o úhel Θ_A . Čím větší je úhel Θ_S , tím větší je i úhel Θ_A , a tím větší je i ztráta na zisku. Poměr obou úhlů, Θ_S/Θ_A , se nazývá činitel odchylky K . Tento činitel závisí na poměru f/D reflektoru podle tabulky. Přidavná ztráta

L_s na zisku antény je vyznačena v obr. 30b, kde ztráta závisí na poměru úhlů Θ_S/ψ_{-3} dB. Úhel ψ_{-3} dB značí úhel ústí, měřený do místa s poklesem ozáření o 3 dB vůči středu ústí. Vidíme, že čím je reflektor plošší ($f/D \rightarrow 0,5$), tím si můžeme dovolit větší chybu v umístění zářiče.

Při nepřesnosti v podélném umístění primárního zářiče (obr. 30c) vznikne kvadratická fázová chyba v ústí reflektoru. Můžeme ji charakterizovat veličinou

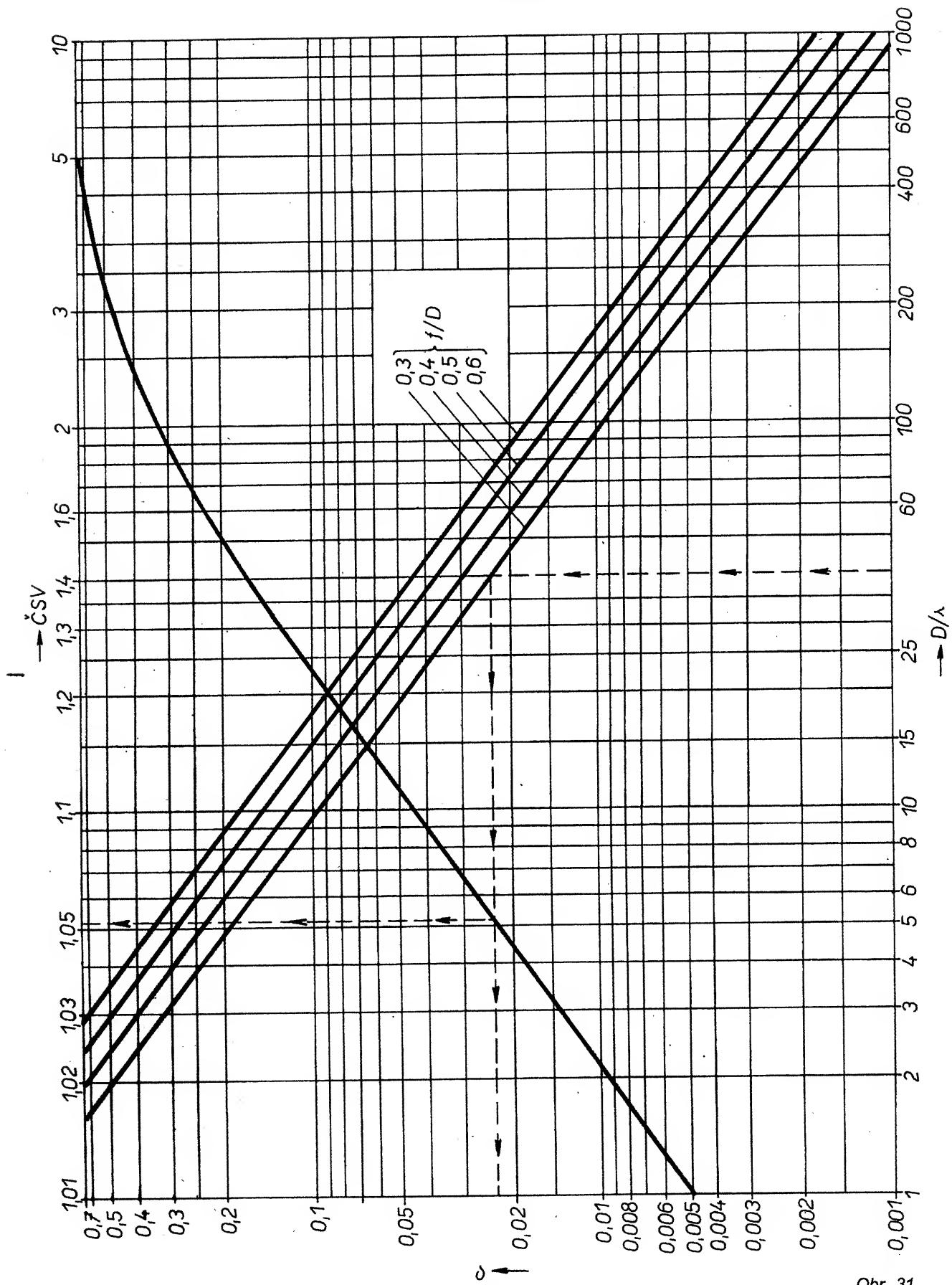
$$dl' = \cos \psi_0 dl$$

(kde ψ_0 je úhel otevření ústí). Ztrátu na zisku přečteme z obr. 30d, u něhož se na vodorovné osu vynáší velikost poměru dl'/λ .

Tab. Činitel odchylky K v závislosti na poměru f/D

K	f/D
0,7	0,2
0,75	0,25
0,8	0,275
0,85	0,35
0,9	0,45
0,95	0,7

Parabolický reflektor III



Obr. 31.

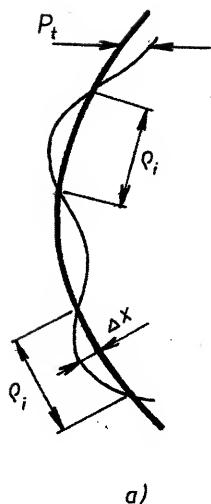
Při napájení reflektoru z ohniska vzniká odraz energie od vrcholu paraboloidu zpět do napáječe, čímž se zhoršuje jeho impedanční přizpůsobení. Na obr. 31 lze zjistit přídavný čini-

tel stojatých vln v závislosti na parametrech f a D .

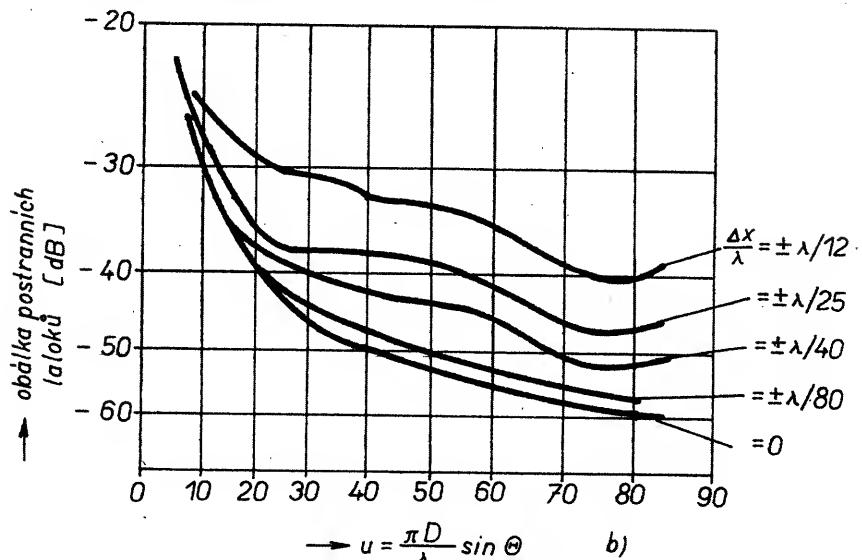
Příklad. $D/I = 40$, $f/D = 0,3$, $\text{CSV} = 1,053$, $\rho = 0,024$.

B4
95

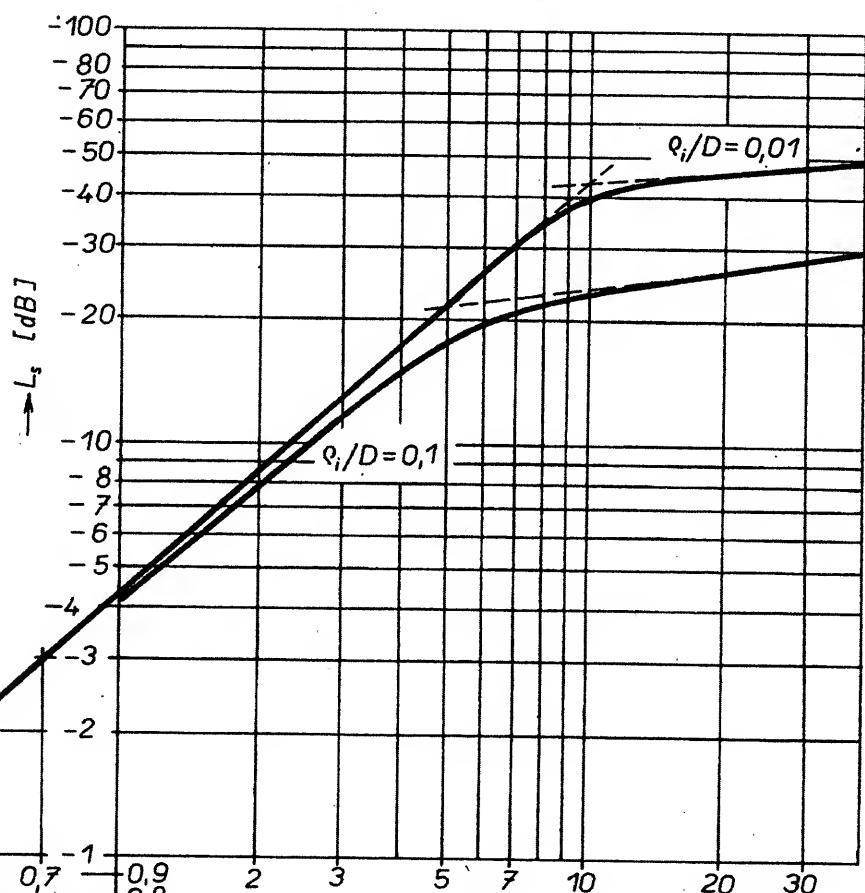
Výrobní tolerance reflektoru a jeho elektrické parametry (obr. 32a, b, c)



a)



b)



c)

torů s $D > 15$ až 20 m) deformace celé reflektorové plochy.

Vliv tvarových odchylek reflektoru je na obr. 32a, b, kde je vyznačena závislost úrovně postranních laloků na poměru $\Delta x/\lambda$. Použitý úhel Θ je

úhel, měřený od maxima diagramu na jednu stranu a předpokládá se přitom ozáření okraje reflektoru -10 dB. Tvarová odchylka má vliv i na zisk antény podle vztahu

$$G_z = G_0 \exp(-d^2),$$

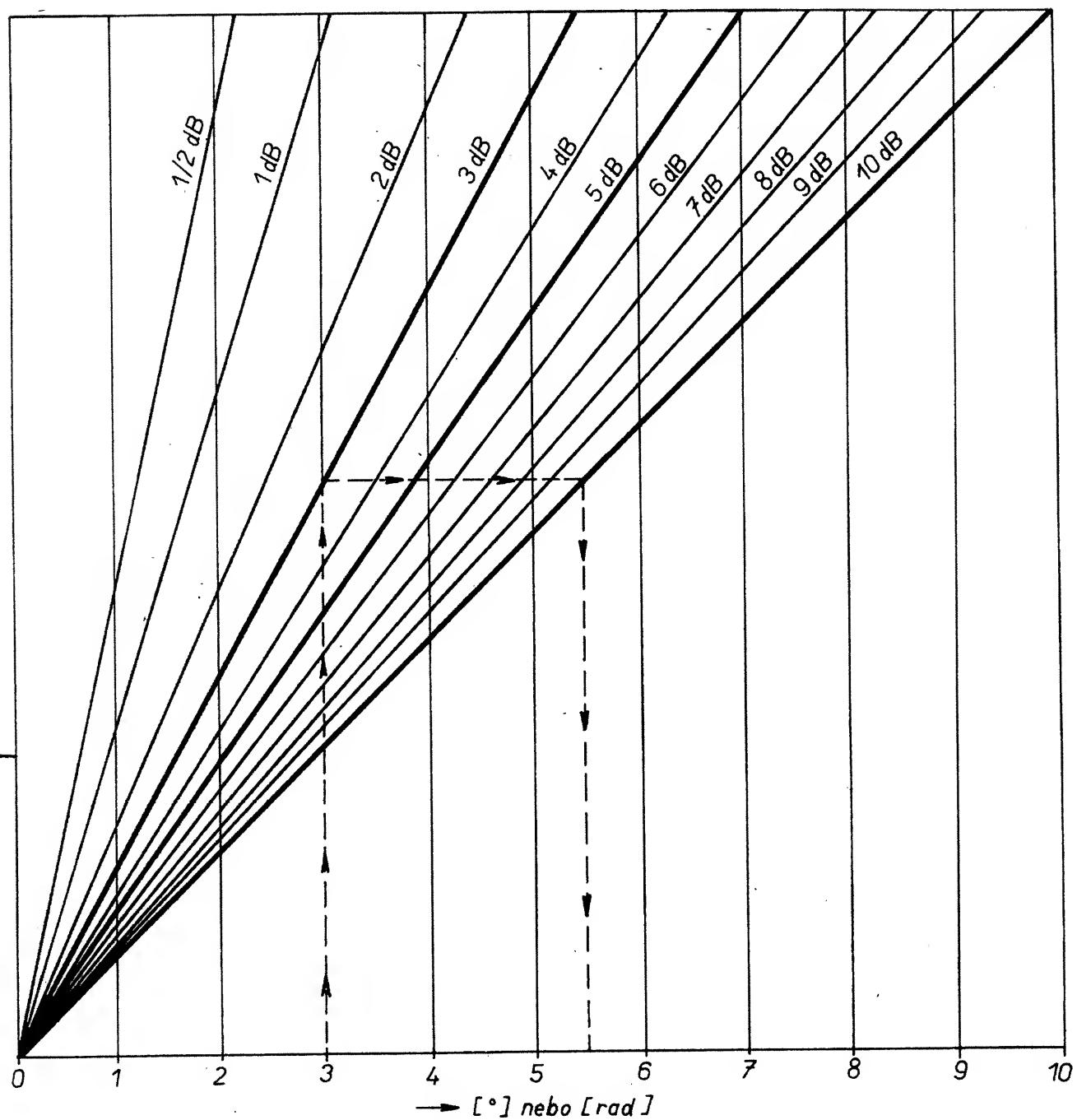
kde G_0 je zisk antény nedeformentované a G_z zisk včetně deformací, parametr $d = 4\pi\sigma/\lambda$.

Ztrátový činitel povrchové nepřesnosti lze definovat jako poměr

$$L_s = G_z/G_0.$$

Tento vztah platí pro malé ztráty. Vliv korelačního činitele ρ_i se určuje složitějším výpočtem. Pro rychlou informaci slouží obr. 32c.

Převodní graf šířek anténních diagramů (obr. 33)



V technických parametrech antén jsou často uváděny šířky hlavního laloku diagramu pouze pro jednu úroveň, např. 3 dB nebo 10 dB. Pokud jde o anténu se standardním diagramem, lze pomocí grafu na obr. 33 nalézt přibližnou šířku laloku pro další úrovni.

Konstrukce grafu je založena na předpokladu, že hlavní lalok antény lze vyjádřit funkcí

$$(\cos \gamma/2)^n$$

a exponent n lze tedy určit pro danou úroveň a úhel γ .

Příklad. Je dána „trídecibelová“ šířka laloku, $\gamma_3 \text{ dB} = 30^\circ$, šířka „desetidecibelová“ $\gamma_{10} \text{ dB} = 55^\circ$.

Pozn. Na vodorovnou stupnici lze umístit desetinnou čárku podle potřeby.

Literatura:

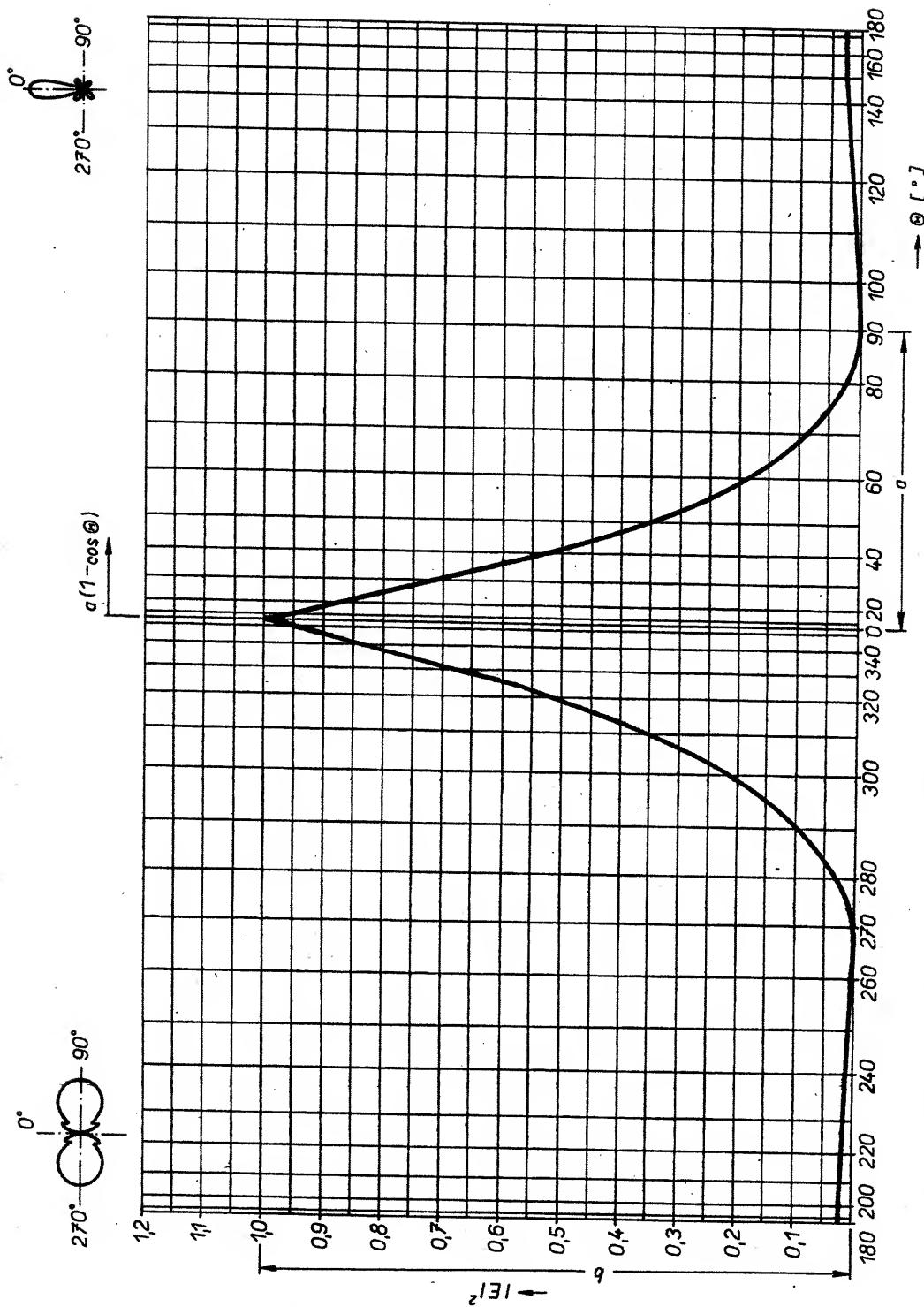
k obr. 23

Green, H. E.: Design Data for Short and Medium Length Yagi-Uda Arrays. Trans. I.E.Austr., sv. EE-2, č. 1 /1966;

k obr. 30
Procházka, M.: Parabolické antény. Sdělovací technika č. 5/1989;

k obr. 34
Procházka, M.: Graphische Berechnung des Antennenrichtwirkungsfaktor. Nachrichtentechnik, červen 1957.

Grafické určení zisku antény (obr. 34)



K grafickému určení činitele směrovosti, resp. zisku antény potřebujeme mít k dispozici naměřený napěťový diagram antény alespoň ve dvou vzájemně kolmých rovinách (např. vertikální a horizontální), dále grafický papír sestrojený podle grafu na obr. 34. Na něm na vodorovné ose je stupnice ve stupních s dělením $a(1 - \cos \Theta)$, kde a je zvolený modul v mm, svislá osa má lineární měřítko s libovolným mo-

dulem b . Do takto připraveného podkladu vyneseme naměřený diagram i s postranními laloky tak, že na svislou osu vynášíme čtverce naměřených údajů z napěťového diagramu pro dané úhly Θ .

Nakreslený diagram pak bud' plnímetrujeme planimetrem, nebo přiložíme průhledný papír s dělením po 1 mm a sčítáme čtverečky. Máme-li k dispozici technické váhy s citlivostí alespoň 0,01 g, můžeme nakreslené diagramy vystříhnout a zvážit. Hmotnost vystříženého diagramu je úměrná jeho ploše a pokud papír nemá „pecky“, nedopustíme se velké chyby,

stanovit jako střední hodnotu z obou měření.

Uvedeným způsobem lze určit i zisk antén se všeobecným diagramem (kruhovitým) v jedné rovině (horizontální). Je pouze třeba pamatovat na to, že maxima diagramů jsou pak orientována na 90 a 270°.

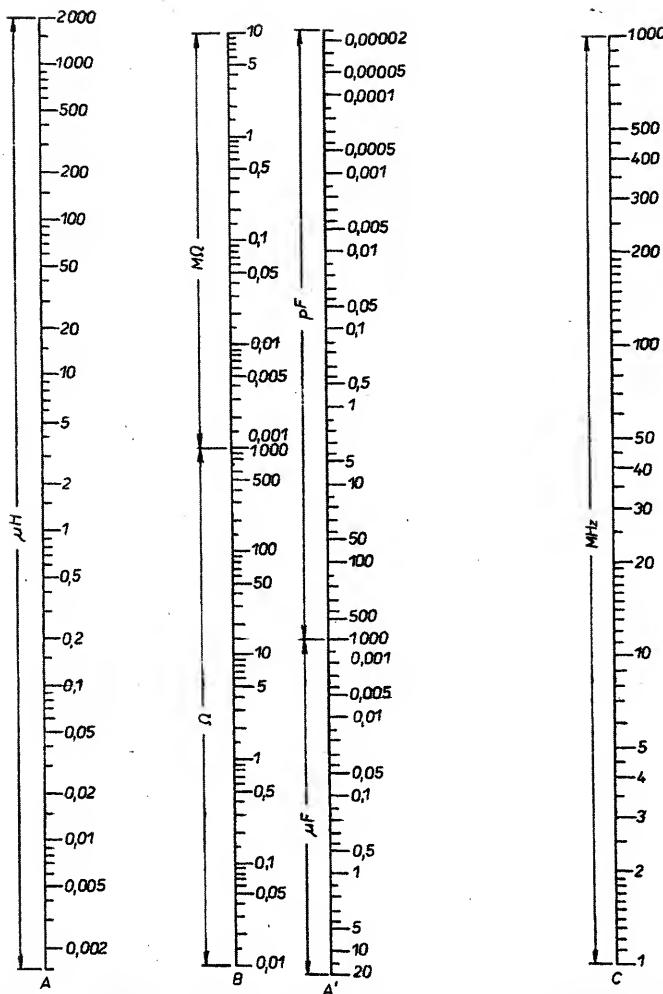
Činitel směrovosti, resp. zisk G_i získáme prostým dělením naměřených ploch

$G_i = 10 \log P/P_a$ [dB],
kde P je plocha (hmotnost) normalizačního obdélníka a P_a střední hodnota ploch (hmotnosti) diagramů ve dvou změřených rovinách.

protože hmotnost normalizační plochy (viz dále) jsme určili předem na stejném papíře.

Plocha P normalizační plochy je $P = 4ab$, kde pořadnice b [mm] odpovídá $E^2 = 1$. Plocha P znázorňuje vlastné záření izotropního zářiče, k němuž určujeme zisk, resp. činitel směrovosti (jsou-li ovšem ztráty v anténě zanedbatelné).

Protože uvedená metoda vychází z předpokladu, že je o rotačně symetrický diagram, musíme diagramy změřit ve dvou na sebe kolmých rovinách a zisk



Reaktanční nomogram (obr. 35)

Nomogram řeší vztah mezi kmitočtem, kapacitou a indukčností a jejich reaktancemi pro kmitočty od 1 do 1000 MHz. Spojnice mezi údajem kmitočtu v [MHz] na ose C a údajem kapacity nebo indukčnosti na osách A, popř. A' vytne na ose B údaj o reaktanci v [Ω].

K AR B1/95

K obsahu tohoto čísla jsme dostali následující připomínky:

1. V AR B1 mne zaujal článek Cyklovač s pamětí. Po jeho přečtení jsem se rozhodl pro jeho realizaci, protože mne potěšila jeho propracovanost. V článku jsou však tyto chyby: na obr. 8 není zakreslena dioda D9 u vývodu OZ1, na obr. 14 a 15 jsou špatně označeny kontakty cyklovačů - správně má být označení S4 a P4 přehozeno, neboť jinak nebude po montáži do auta cyklovač funkční. Po uvedených úpravách splňuje cyklovač v úvodu článku zadané požadavky.

2. Satelitný prijímač z AR B1 som si postavil a funguje v prekvapivej kvalite k mojej plnej spokojenosťi. Chcel by som však upozorniť na chybne zasadenie T6 v obrazovom diele (BC639), ktorého správne poradie vývodov je ECB. Ďalej by som doporučil na zdrojovom diele opatríť chladičom i IO4 (LM317).

Redakce děkuje jak čtenáři J. Sieglovi z Brumova-Bylnice, tak D. Gergelymu z Lvice za upozornění na chyby v uvedeném čísle.

Reprodukторové soustavy Kompletní stavebnice Součástky, Skříň Reproduktry

Katalog zdarma!

VÝHODNÉ
DEALERSKÉ CENY

VÝROBA
VELKOOSCHOD
MAŁOOSCHOD
ZÁSILKOVÁ SLUŽBA



KLITECH

spol. s r.o.

262 03 Nový Knín, nam. Jirího z Poděbrad 403,
tel.: 0305/932 08; 933 18, fax: 0305/932 88

Provoz Praha

130 00 Praha 3, Za Vackovem 7, tel./fax: 02/684 71 02

INZERCE

Inzerci přijímá osobně i poštou Vydavatelství Magnet-Press (inzerce AR-B), Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. (02) 24 22 73 84, (02) 24 22 77 23, tel./fax (02) 24 22 31 73. Uzávěrka tohoto čísla byla 15. 6., do kdy jsme museli obdržet úhradu za inzerát.

Cena za první započatý řádek je 44,-Kč, za každý další i započatý 22,-Kč. Platba je včetně daně z přidané hodnoty. Cena za plošnou inzerci se řídí velikostí inzerátu, za 1 cm² plochy je 29,-Kč, k ceně inzerátu se připočítává 22 % DPH. Nejmenší velikost plošného inzerátu je 54x40 mm. Za opakovou inzerci poskytujeme slevy.

Text pište čitelně, aby se předešlo chybám, vznikajícím z nečitelnosti předloh.

RŮZNÉ

Oprava reproduktorů zahraniční výroby, vadné kmitací cívky a nová okrajová guma. Poštou a dobírkou. Mir. Ledvinka, Na Vysočině 664, 104 00 Praha - Uhříněves. Tel. (02) 703641.

FAN radio
antény a radiostanice s.r.o.

**... KVALITA ZA
SOLIDNÍ CENY ...**

**SIRTEL - to je dvacet let tradice výroby vysílacích antén
a několik miliónů spokojených zákazníků po celé Evropě.**



Excellency SIRTEL Technology!

Power!



DODÁVÁME:

- vysílací antény pro VKV a UKV pásmo 66-960 MHz
- vysílací antény pro CB pásmo 27 MHz
- základnové antény s vertikální polarizací pro těžké podmínky
- kvalitní vozidlové antény pro radiové sítě VKV a UKV
- vozidlové antény pro radiotelefony v pásmech 450 a 900 MHz
- magnetické držáky, zářiče a duplexery pro vozidlové antény
- koaxiální kabely, konektory N, BNC, TNC, PL, CRIMP
- PSV-metry, W-metry, vf zesilovače, zdroje, nabíječe, měniče
- občanské radiostanice a příslušenství radiostanic

All right!

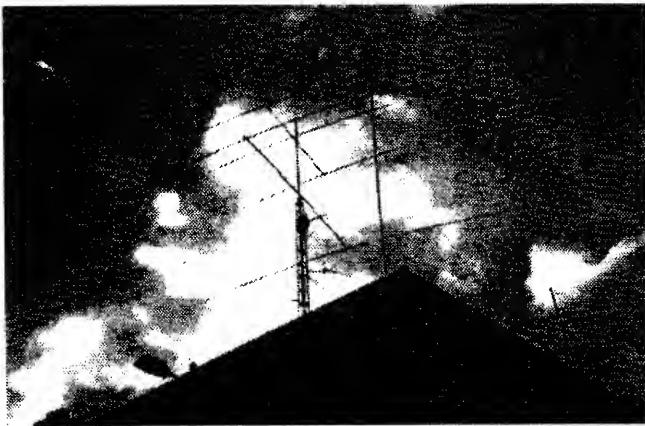
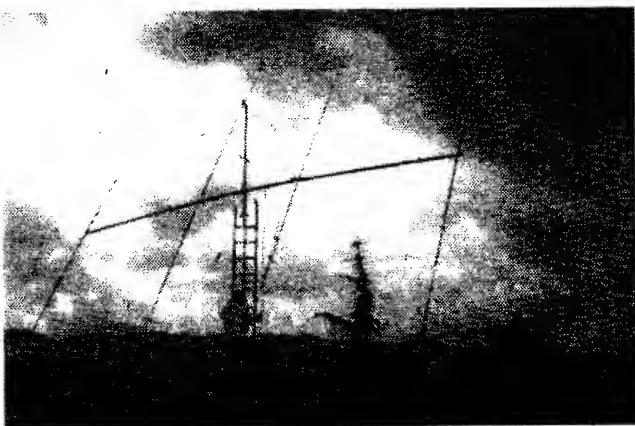
Design by F. A. Porsche!

Harmony!

Velkoobchodní, obchodní, montážní a servisní firmy přidejte se i Vy k našim stálým odběratelům. To co nenajdete zde - sortiment a ceny - najdete v našem dvacetistránkovém ceníku, který od nás dostanete včetně prospektů. Prosíme předem o kopii Vašeho živnostenského listu. Můžete nás také navštívit v našem skladu v SOU Borská 55 v Plzni v pracovní dny od 8 do 16 hodin.

ZELER a CHMELÍK

293 06 Bradlec 73, Czech Republic. Tel./fax +42 326 266 12



VÝRÁBÍME A DODÁVÁME ANTÉNY PRO RADIOAMATÉRY, PROFISÍTĚ, SDÍLENÉ KMITOČTY, LETECKÝ PRO- VOZ, A TO V PÁSMECH KRÁTKÝCH I VELMI KRÁTKÝCH VLN.

V pásmech VKV jsou to známé typy, vyvinuté radioamatéry, většinou jsou vyráběny pod značkami jako F9FT, DL6WU, GW4CQT, PA0MS apod. Přesto, že vycházíme z osvědčených typů, upravujeme tyto antény pro jiné kmitočty nebo jiné použití. Jedním z typů takových antén je mezi amatéry oblíbená „krcka“. Tuto anténu pře-počítanou a změřenou používáme i pro jiné kmitočty (podle přání) a s impedancí 50Ω . Tyto antény jsou vhodné i pro profesionální komunikaci jako třeba pult centrální ochrany PCO, přenosy dat pro výměníkové stanice, vodojemy, ochrany objektů apod.

Snažíme se také vyvijet antény nové. Pro základní návrh nových antén používáme výpočetní techniku, takto navržené antény jsou měřeny v TESTCOM a prověrovány u vybraných zákazníků nebo radioamatérů (tímtoto děkujeme Jirkovi, OK1AVI).

Antény YAGI pro VKV vyrábíme se 4 až 25 prvků, lze je napájet konektorem typu PL, BNC nebo N. K symetrizaci a transformaci používáme známou metodu GAMMA.

Pro radioamatéry jsme vyvinuli anténu YAGI v nejpoužívanější konfiguraci - tříprvkovou, tří-pásmovou - pod označením ZY-33.

Přesto, že je vývoj velmi náročný, snažíme se obohatit trh o nové typy antén. Pro radioamatéry připravujeme vícepásmové vertikály a křížové antény pro satelitní provoz, ZY-33 bude v rámci inovací rozšířena o dva prvky (pro náročnější operátory).

Antény vyrábíme převážně ze slitin AlMg. Kovové součásti se zlukují žárovou metodou nebo se galvanicky upravují. Spojovací materiál postupně nahrazujeme nerezovým a plasty lisujeme ve vlastní režii.

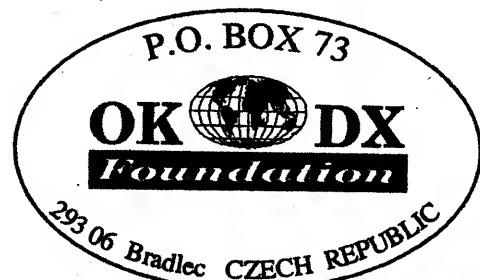
Prostřednictvím OKDX nadace se naše antény provozují i v jiných zemích. Například v Indii, kde vysílá OK2SW, v Albánii je to ZA1AJ, v Turecku OK2ZW, dále ve Slovensku, Švýcarsku, Německu atd.

PA0MS naší výroby pracovala i z nejvyššího vrcholu rakouských Alp. Doufáme, že další země budou následovat v součinnosti s aktivitou OKDXF nebo při sponzorství naší firmy.

Ne vždy se nám daří uspokojit každého zákazníka, ale jsme si vědomi odpovědnosti, která z našich služeb vyplývá. Do budoucna máme mnoho dalších plánů, zejména bychom rádi uvedli na trh takové antény, které by umožňovaly omezit používání anténních zesilovačů a naplnili tak známé heslo či úsloví, že „nejlepším zesilovačem je anténa“.

Firma sídlí na adresě: ZACH, Bradlec 73, 293 06 Kosmonosy, tel./fax 0326/26 612, náš obchod najdete na adresě:
U Stadionu 1231, Mladá Boleslav,
tel. 0326/72 25 20.

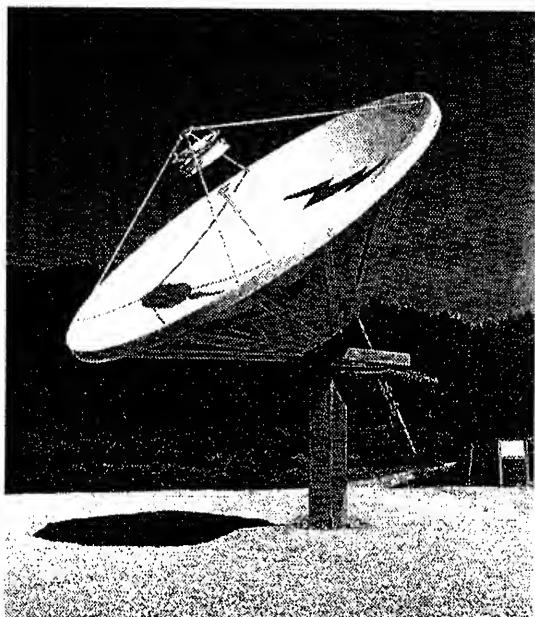
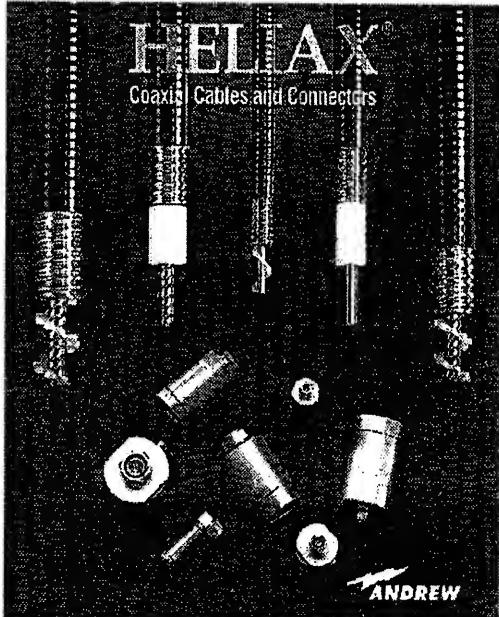
Distributoři našich antén:
Radio Com, Na drahách 190, 500 09 Hr. Králové,
R-Com, Chrastavská 16, 460 01 Liberec 1,
ALKA, Jeseniova 65, 130 00 Praha 3,
Elektro prodej Karasz, Hlavní 1027, 708 00 Ostrava 4,
AMA, Klatovská 115, 320 17 PLzeň,
LVT, Moskevská 24, 400 01 Ústí n/L.,
pro Slovensko Roman Kudláč, OM3EI,
Bakošova 26, 841 03 Bratislava





Koaxiální kabely Satelitní systémy Antény

✓ **professionální
parametry**



✓ **dlouhodobá
životnost**

✓ **vysoká spolehlivost**

Výhradní zastoupení pro ČR, SR :

MIKROKOM s.r.o., Novodvorská 994, 142 21 Praha 4
tel.: (02) 49 54 18 , fax.: (02) 476 2576

